UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

NIVEL DE POSTGRADO

PROGRAMA DE MAESTRIA EN RIEGO

TEMA:

"EFECTO DE CUATRO LAMINAS DE RIEGO POR GOTEO SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ DURO ***(Zea mays)***, SEGÚN LA EVAPORACIÓN DEL TANQUE EVAPORÍMETRO CLASE A".

Tesis previa a la obtención del título de Magister en riego

AUTOR:

Ing. Vicente Agustín Valdivieso Vidal

DIRECTOR:

Ing. Temistocles Maldonado Rojas Mg. Sc.

LOJA-ECUADOR

2013

EFECTO DE CUATRO LÀMINAS DE RIEGO POR GOTEO SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ DURO *(Zea mays)*, SEGÚN LA EVAPORACIÓN DEL TANQUE EVAPORÍMETRO CLASE A.

Tesis de grado presentada al tribunal calificador como requisito parcial para obtener el Título de Magister en Riego, Nivel de Postgrado del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

APROBADA:

Ing. Luis Sinche Fernández Mg. Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Aníbal González Mg. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Marco Reinoso Acaro Mg. Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Temistocles Maldonado Rojas Mg. Sc.

DOCENTE EXPERTO DEL AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CERTIFICA:

Que una vez que el autor ha cumplido con las sugerencias y recomendaciones al texto que han sido revisados los borradores de manera prolija y sistemática, el presente trabajo de tesis de grado titulada: Efecto de cuatro láminas de riego por goteo sobre la producción del cultivo de maíz duro *(zeamays)*, según la evaporación del tanque evaporímetro clase A, de autoría del Ing. Vicente Agustín Valdivieso Vidal, Egresado de la Maestría en Riego –PROMAR- cumple con los requisitos de validez técnica, por lo que autorizo su publicación y difusión.

Loja Noviembre del 2013.

Ing. Temistocles Maldonado Rojas Mg. Sc.

AUTORIA

Yo Vicente Agustín Valdivieso Vidal, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus Representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mis tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

AUTOR: Ing. Vicente Agustín Valdivieso Vidal

FIRMA:----------

CEDULA: 1103270417

FECHA: Noviembre del 2013.

CARTA DE AUTORIZACION DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACION ELECTRONICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo Vicente Agustín Valdivieso Vidal, declaro ser autor de la tesis titulada: Efecto de cuatro láminas de riego por goteo sobre la producción del cultivo de maíz duro *(zearmays)*, según la evaporación del tanque evaporímetro clase A, como requisito para optar el grado de Magister en Riego, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar los contenidos de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la Ciudad de Loja a los 31 días del mes de septiembre del dos mil trece, firma el autor.

FIRMA: ----------
AUTOR: Ing. Vicente Agustín Valdivieso Vidal
CEDULA: 1103270417

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director: Ing. Temistocles Maldonado Rojas Mg. Sc.
Tribunal de grado: Ing. Luis Sinche Fernández Mg. Sc.
Ing. Aníbal González González Mg. Sc.
Ing. Marco Reinoso Acaro Mg. Sc.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico primeramente a Dios, por haberme dado la fortaleza y el entendimiento para culminar mis estudios, y luego a mi familia integrada por mi Esposa Ángela del Carmen, y mis hijos: Vicente Vladimir y Milè de los Ángeles, quienes estuvieron siempre a mi lado desde el inicio de mi formación hasta su culminación; y a todas las personas entre familiares y amigos quienes contribuyeron para cumplir este objetivo que un día me propuse; que fue el de ser un “Magister en Riego” para poder contribuir a la solución de los problemas relacionados con el desabastecimiento y uso irracional del recurso hídrico, muy frecuente en nuestra región.

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi profundo e imperecedero agradecimiento al Sr. Ing. Temistocles Maldonado Mg. Sc. Director de tesis, quien con su valioso aporte y desinteresado esfuerzo me ayudó primeramente a la elaboración del proyecto, y luego a la consecución del presente trabajo.

De igual manera al personal del INIAP en la representación de los Ingenieros: Walter Larriva Director de la Estación Experimental del Austro, José Eguez y Richard Molina Responsable del Programa de Maíz y de la Granja Experimental de Garza Real respectivamente, por la ayuda prestada para la instalación del ensayo en sus instalaciones, así como por todo el apoyo técnico brindado para el manejo del cultivo; así mismo a los Señores Cesar Panamito e Iván Enríquez por su colaboración en la recolección de datos dentro del ensayo.

Y así mismo a todo el personal Docente del **PROMAR**, quienes con sus conocimientos y aportes permitieron que sea posible mi formación de Postgrado, y así poder contribuir a la solución de los graves problemas ocasionados por el inadecuado uso y manejo del recurso hídrico, muy importante en nuestra región y país.

EL AUTOR

INDICE DE CONTENIDO

Pàg.

AUTORIA……iv
CARTA DE AUTORIZACION DE TESIS……..…v
DEDICATORIA……..…vi
AGRADECIMIENTO……...….vii
INDICE DE CONTENIDO……...…...viii
INDICE DE FIGURAS…….....xi
INDICE DE TABLAS…….……...….xii
INDICE DE CUADROS…….……...….xiii
ANEXOS…….……...…..xv
RESUMEN…….……...….xvi
ABSTRACT…….……...…….xx
I. INTRODUCCION…….…….…1
II. REVISION DE LITERATURA……...3
2.1 GENERALIDADES SOBRE EL CULTIVO DE MAIZ……....3
2.1.1 Origen y distribución geográfica…….…...3
2.1.2 Información botánica…….……....4
2.1.3 Agro ecología del cultivo…….....4
2.2 PRÁCTICAS CULTURALES…….……..5
2.2.1 Siembra del maíz……..…….……....5
2.2.2 La fertilización del maíz……..……..……...6
2.2.3 Control fitosanitario…….……..……..……..……7
2.2.4 La cosecha del maíz……..……..……...9
2.3 REQUERIMIENTOS HIDRICOS DE LOS CULTIVOS…….……..9
2.3.1 Evapotranspiración…….……..……..10
2.3.2 Necesidades de agua a lo largo del ciclo vegetativo de la planta…….10
2.3.3 Coeficiente de cultivo…….……..……..11
2.3.4 Métodos para determinar la evapotranspiración…….…....11
2.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RÉGIMEN DE RIEGO……...14
2.4.1 Constantes hidrofìsicas del suelo……..……14
2.5 RIEGO POR GOTEO……..16
2.5.1 Ventajas y desventajas…….…….....16
2.5.2 Características técnicas…….....17
2.6 INVESTIGACIONES REALIZADAS EN LA PROVINCIA DE LOJA…..….17

2.7 INVESTIGACIONES REALIZADAS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL…….……..….18
III. MATERIALES Y METODOS……...…..22
3.1 UBICACION DEL EXPERIMENTO…….....22
3.2 CARACTERISTICAS DEL RAMAL 2C …….....24
3.3 MATERIALES DE CAMPO Y OFICINA……..…..25
3.4 AGROTECNIA DEL CULTIVO…….…..……...26
3.4.1 Preparación del terreno…….……26
3.4.2 Preparación de la semilla……..……26
3.4.3 Siembra……26
3.4.4 Fertilización de fondo……27
3.4.5 Fertilización post siembra……28
3.4.6 Deshierba……...……28
3.4.7 Control de plagas y enfermedades……...……..28
3.5 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO……..29
3.5.1 Información básica para el diseño…….……29
3.5.2 Diseño agronómico…….……....31
3.5.3 Diseño hidráulico……..…….....32
3.5.4 Simulación Hidráulica……....34
3.6 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO…….....34
3.7 PRUEBAS DE UNIFORMIDAD DEL SISTEMA……...35
3.8 MANEJO DEL RIEGO EN EL ENSAYO……37
3.9 METODOLOGÍA PARA EL PRIMER OBJETIVO……..…38
3.9.1 Implementación del ensayo experimental…….....39
3.9.2 Descriptores agronómicos……...42
3.9.3 Rendimiento y rentabilidad del cultivo……43
3.10 METODOLOGÍA PARA EL SEGUNDO OBJETIVO…….....47
3.10.1Determinación de la ETc, a través de la Parcela experimental.....47
3.10.2 Determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia, método del lisímetro……...50
3.11 METODOLOGÍA PARA EL TERCER OBJETIVO……....53
3.11.1Determinación de la evapotranspiración potencial (ETP) por el método de Tornthwaite…….…….…...54
IV. RESULTADOS…….……56
4.1CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL SUELO…….……56

4.2 INFILTRACIÓN DE AGUA EN EL SUELO…….57
4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO……..……....58
4.3.1 Información requerida para el diseño…….58
4.3.2 Diseño agronómico…….……...59
4.3.3 Diseño hidráulico……59
4.4 SIMULACION HIDRAULICA DEL SISTEMA DE RIEGO……...62
4.5 PRUEBAS DE UNIFORMIDAD DEL SISTEMA……...62
4.6 PROGRAMACION DEL RIEGO……..63
4.7 IDENTIFICACION DE LAS FASES FENOLOGICAS……..67
4.8EFECTO DE LAS LÁMINAS DE RIEGO SOBRE EL DESARROLLO DEL CULTIVO……69
4.8.1 Número de hojas brotadas……...……70
4.8.2 Altura de la planta…….....72
4.8.3 Diámetro del cuello…….…….....74
4.8.4 Profundidad radicular……..…….....75
4.9 RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO……..…..77
4.9.1 Rendimiento del cultivo…….……77
4.9.2 Rentabilidad del cultivo……....…...80
4.10DETERMINACION DEL COEFICIENTE “KC” DE USO CONSUNTIVO DEL CULTIVO DE MAÍZDURO *(ZEA MAYS)*……..81
4.10.1 Consumo de agua del cultivo (ETC), a través del balance de humedad de la parcela experimental…….....81
4.10.2 Determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia, por medio del Lisímetro…….....84
4.10.3 Determinación del coeficiente Kc de cultivo……86
4.11VALIDAR LA UTILIZACIÓN DE UN TANQUE EVAPORÍMETRO ARTESANAL PARA EL MANEJO TECNIFICADO DEL RIEGO……86
4.11.1 Toma de lecturas de evaporación en el tanque artesanal……87
4.11.2 Uso del tanque evaporímetro artesanal en el manejo del riego……....91
V. CONCLUSIONES……...……94
VI. RECOMENDACIONES……..……..…….....…….....97
VII. BIBLIOGRAFIA…….……..……...…….……98
VIII. ANEXOS…….……..……..…...…….……....101

INDICE DE FIGURAS

Pàg.
Fig. 1 Representación grafica del Lisímetro……...12
Fig. 2 Tanque evaporímetro Clase "A"……13
Fig. 3Curva de capacidad hídrica para varios tipos de suelos……15
Fig. 4 Ubicación geográfica del Cantón Zapotillo……22
Fig. 5 Ubicación del ensayo……23
Fig. 6 Replanteo del ensayo……..26
Fig. 7 Muestreo del suelo para su análisis……..……...27
Fig. 8 Fertilización de fondo del suelo……27
Fig. 9 Prueba de infiltración con cilindros infiltròmetros……...30
Fig. 10 Toma de muestras no disturbadas…….....31
Fig. 11 Instalación del sistema de riego por goteo……..35
Fig. 12Esquema de evaluación de uniformidad del sistema de riego por goteo.36
Fig. 13 Esquema de distribución del sistema de riego por goteo……41
Fig. 14 Toma de datos de los descriptores agronómicos……..44
Fig. 15 Desgrane de mazorcas…….……..44
Fig. 16 Medición del contenido de humedad…….……45
Fig. 17 Obtención del peso de campo……..45
Fig. 18 Obtención de muestra para el balance hídrico……48
Fig. 19 Pesado de muestra de suelo……..49
Fig. 20 Instalación del lisímetro…….……51
Fig. 21 Recolección del agua de drenaje del lisímetro……52
Fig. 22 Tanque evaporímetro artesanal……53
Fig. 23 Tanque casero ubicado al lado del tanque clase "A"……54
Fig. 24 Número de hojas brotadas a los siete, veinte, y veinte y nueve días…...70
Fig. 25 Altura de la planta a los siete, treinta y setenta y nueve días……72
Fig. 26 Diámetro del cuello de la planta a los siete, treinta y setenta y un días...74
Fig. 27 Profundidad radicular a los treinta, sesenta y noventa días…….....76
Fig. 28 Curva de Kc para el cultivo de maíz para el tratamiento 2……..……..86
Fig. 29 Coeficiente de calibración del tanque artesanal……87
Fig. 30 Correlación entre la lámina de agua evaporada del tanque clase "A" y el tanque artesanal…….…89

INDICE DE TABLAS

Pàg.

Tabla 1. Ecuaciones para el diseño agronómico…..……..31

Tabla 2. Ecuaciones para el diseño hidráulico……..32

Tabla 3. Aplicación de ecuaciones en la evaluación del sistema……37

Tabla 4. Coeficientes de cultivo (Kc) en diferentes fases de desarrollo….38

Tabla 5. Valores fijos evapotranspiración potencial……54

Tabla 6. Aplicación de ecuaciones de la Prueba z……88

INDICE DE CUADROS

Pàg.
Cuadro 1. Características físico-químicas del suelo del ensayo…….....56
Cuadro 2. Recomendaciones de fertilización para el ensayo……57
Cuadro 3. Información básica para el diseño del sistema de riego por goteo…..58
Cuadro 4. Diseño agronómico del sistema de riego por goteo……59
Cuadro 5. Características técnicas de la línea de goteo……..59
Cuadro 6. Diseño hidráulico de la tubería lateral……...60
Cuadro 7. Diseño hidráulico de la tubería Terciaria o abastecedora……60
Cuadro 8. Diseño hidráulico de la tubería Secundaria……60
Cuadro 9. Diseño hidráulico de la tubería Principal. Garza Real……...61
Cuadro 10. Operación del sistema de riego por goteo……61
Cuadro 11. Resultados de la evaluación de uniformidad del sistema de riego por goteo……..……..…….....62
Cuadro 12. Resultados de la evaluación de uniformidad del sistema de riego por goteo……...…….....62
Cuadro 13. Laminas de reposición para el ensayo……..64
Cuadro 14. Calendario de riego para cada tratamiento……...65
Cuadro 15. Fases fenológicas identificadas en el cultivo……..67
Cuadro 16. Efecto de las láminas de riego aplicadas al ensayo……...69
Cuadro 17.Rendimiento de los distintos tratamientos del cultivo de maíz.....78
Cuadro 18. Agua consumida versus rendimiento en los distintos tratamientos del cultivo de maíz……80
Cuadro 19. Relación Beneficio/Costo en los tratamientos evaluados…....80
Cuadro 20. Profundidad de la toma de muestras para elaborar el balance de humedad de la parcela experimental……...81
Cuadro21. Balance de humedad de la parcela experimental……..…….83
Cuadro 22. Evapotranspiración del cultivo de referencia por medio del lisímetro……..……84
Cuadro 23. Coeficiente Kc de cultivo del maíz obtenido, en las distintas fases fenológicas……..……85
Cuadro 24. Coeficientes de calibración promedios obtenidos para el tanque artesanal obtenido……..……87

Cuadro 25. Resultados de la Prueba z en cada fase de desarrollo del cultivo……..89

Cuadro 26. ETp obtenida por el método empírico de Thorthwaite…….90

Cuadro 27.Resumen de ETo por los métodos: tanque evaporímetro artesanal y los empíricos…….91

Cuadro 28. Programación de riego en base a los registros del tanque evaporímetro artesanal……..……..93

ANEXOS

ANEXO 1. INTERPRETACION DE LOS ANALISIS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE SUELOS
ANEXO 2. MANEJO DEL CULTIVO DE MAIZ
ANEXO 3. INSTALACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO
ANEXO 4. INSTALACION DEL LISIMETRO
ANEXO5. INSTALACION DEL TANQUE EVAPORIMETRO CLASE “A” Y ARTESANAL
ANEXO 6. PRODUCTOS UTILIZADOS EN EL CONTROL FITOSANITARIO
ANEXO 7. FACTORES Y NIVELES DE ESTUDIO
ANEXO 8. OTROS DESCRIPTORES AGRONOMICOS EVALUADOS EN EL ENSAYO
ANEXO 9. DETERMINACION DEL RENDIMIENTO DEL MAIZ
ANEXO 10. PRUEBA DE INFILTRACION POR EL METODO DE CILINDROS INFILTROMETROS
ANEXO 11. CLASIFICACION DE LA INFILTRACION BASICA
ANEXO 12. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO
ANEXO 13. ESTIMACION DE LOS COSTOS DEL EQUIPO DE RIEGO POR GOTEO
ANEXO 14. TABLA DE AMORTIZACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL CULTIVO DE MAIZ.
ANEXO 15. COSTOS DE PRODUCCION PARA UNA HECTAREA DE MAIZ CON EL TRATAMIENTO 1
ANEXO 16. COSTOS DE PRODUCCION PARA UNA HECTAREA DE MAIZ CON EL TRATAMIENTO 2
ANEXO 17. COSTOS DE PRODUCCION PARA UNA HECTAREA DE MAIZ CON EL TRATAMIENTO 3
ANEXO 18. COSTOS DE PRODUCCION PARA UNA HECTAREA DE MAIZ CON EL TRATAMIENTO 4
ANEXO 19. COSTOS DE PRODUCCION PARA UNA HECTAREA DE MAIZ CON EL TESTIGO
ANEXO 20. DETERMINACION DE LA ETO POR MEDIO DE LA THORNTHWAITE
ANEXO 21. CALENDARIO DE RIEGO EN BASE AL TANQUE EVAPORIMETRO ARTESANAL PARA LA FASE INCIAL
ANEXO 22. CALENDARIO DE RIEGO EN BASE AL TANQUE EVAPORIMETRO ARTESANAL PARA LA FASE DE DESARROLLO
ANEXO 23. CALENDARIO DE RIEGO EN BASE AL TANQUE EVAPORIMETRO ARTESANAL PARA LA FASE MEDIADOS
ANEXO 24. CALENDARIO DE RIEGO EN BASE AL TANQUE EVAPORIMETRO ARTESANAL PARA LA FASE DE FINALES
ANEXO 25. COEFICIENTES DE CULTIVO OBTENIDOS EN EL ENSAYO
ANEXO 26. CURVAS DE COEFICIENTES DE CULTIVO OBTENIDOS EN EL ENSAYO PARA CADA TRATAMIENTO
ANEXO 27. TIEMPOS DE RIEGO OBTENIDOS EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS
ANEXO 28. ETO POR MEDIO DEL LISIMETRO
ANEXO 29. COEFICIENTES DE CALIBRACION CON EL TANQUE ARTESANAL
ANEXO 30. BALANCE DE HUMEDAD DE LA PARCELA EXPERIMENTAL
ANEXO 31. COEFICIENTE Kt, PARA EL TANQUE EVAPORIMETRO COLOCADO EN UNA SUPERFICIE VERDE DE POCA ALTURA
ANEXO 32. SIMULACION HIDRAULICA DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO
ANEXO 33. PRUEBAS DE UNIFORMIDAD DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO
ANEXO 34. ANALISIS ESTADISTICO
ANEXO 35. PRUEBA Z PARA EL ANALISIS DE LAS LECTURAS DEL TANQUE EVAPORIMETRO CLASE “A” Y EL TANQUE ARTESANAL

RESUMEN

El trabajo de investigación titulado "**EFECTO DE CUATRO LAMINAS DE RIEGO POR GOTEO SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ DURO *(Zea mays)*, SEGÚN LA EVAPORACIÓN DEL TANQUE EVAPORÍMETRO CLASE A",** se desarrolló en la provincia de Loja, Cantón Zapotillo, Parroquia y Barrio Garza Real en la Granja Experimental del INIAP, ubicada al noroccidente y a 15 km de la Ciudad de Zapotillo. Los límites de la Parroquia son: Al norte con la Parroquia Paletillas, al sur con la Parroquia rural Zapotillo, al este con las Parroquias Zapotillo y paletillas y al oeste con las Parroquias de Limones y Paletillas (figura 3 y 4), este ensayo experimental forma parte del Sistema de Riego Zapotillo en el ramal 2C.

Y delimitado por las siguientes coordenadas UTM (Universal transversal Mercator):

Coordenada N: 9524472 m
Coordenada E: 585126 m
Altitud: 223 msnm.
Zona geográfica: 17 S

"Según el Plan hidráulico de Loja (PHILO 1992), el cantón Zapotillo posee un clima cálido seco, con una temperatura promedio de 25 ºC, una precipitación media anual de 400 a 600 mm en la parte baja, y se incrementa de 800 a 900mm, en la parte alta, en las franjas que limita con los cantones de Pindal y Puyango.

La clasificación de zonas de vida según el diagrama de Holdrige L.R. (1982), corresponde a Bosque seco- tropical (Bs-T).

De acuerdo a los Estudios realizados por la Subcomisión Ecuatoriana PREDESUR, para el diseño de las redes terciarias la zona baja de Garza Real donde se ubica el ensayo posee suelos de textura arcillosa y franco arcilloso.

Las condiciones climáticas que presenta el lugar se caracteriza por una temperatura media anual de 25 ºC y una precipitación media anual de 500 mm. El régimen pluviométrico se caracteriza por tener una época de lluvias en los meses de enero a abril, y el resto de meses no existen precipitaciones.

La zona de estudio está ubicada dentro del tipo climático caluroso semidesértico según el sistema de Koopen.

Esta investigación se orienta a mejorar o elevar el rendimiento del cultivo, a través de un manejo eficiente del agua por medio de un sistema de riego por goteo, que ha permitido reponer diariamente el agua consumida en sus funciones fisiológicas, habiéndose planteado los siguientes objetivos:

1. Determinar la mejor lámina de riego según la evaporación de tanque clase A.

2. Obtener el coeficiente “Kc” de uso consuntivo del cultivo de maíz duro *(Zea mays).*

3. Validar la utilización de un tanque evaporímetro artesanal para el manejo tecnificado del riego.

Para evaluar las cuatro láminas de riego se utilizó un esquema de bloques al azar con cuatro tratamientos (láminas de riego) y tres repeticiones, dando un total de 12 unidades experimentales.

En cada bloque se probaron las cuatro láminas de riego: T1 (75 % ETc); T2 (100 % ETc); T3 (125 % ETc) y T4 (150 % ETc).

De acuerdo al análisis de suelos se evidencia que se trata de un suelo de textura fina: arcillosa con una buena capacidad de retención y disponibilidad de agua para el cultivo, además se trata de un suelo neutro, condición esencial para que se realicen efectivamente las reacciones químicas dentro del suelo, y los elementos se encuentren mas disponibles para las plantas, además por ser

un suelo no salino según el análisis de la Conductividad eléctrica, posee un bajo contenido de materia orgánica, contenido de nitrógeno medio, y el fosforo y potasio es muy alto, lo que permite deducir que se trata de un suelo con un buen nivel de fertilidad.

En el cultivo de maíz se utilizó la línea de goteo de Netafim del modelo Tiphoon 1650, misma que necesita para su funcionamiento presiones que van desde los 10 hasta los 20 metros de columna de agua ubicada a una distancia de 0,80 metros entre laterales y a 0,30 m entre goteros. El sistema de riego es fijo debiéndose operar inicialmente todas las 12 válvulas correspondientes a todas las parcelas experimentales, y una vez que se aplican cada una de las láminas, se van cerrando, hasta cumplir con el tiempo de reposición del agua al cultivo (llegar a regar todas las parcelas).

La lámina de reposición (ETc) promedio es de 4,65 mm/d, lo que significa que durante todo el ciclo del cultivo (115 días) ésta ascendería en promedio a 534,75 mm, correspondiente a **5 347,5 m^3 de agua /ha.**

Durante todo el ciclo del cultivo de maíz se dieron 32 riegos, aplicando diferentes láminas en función de los tratamientos o láminas evaluadas, con una frecuencia de tres días, la lámina real aplicada en todo el ciclo de cultivo (lámina bruta), donde ya se toma en cuenta la eficiencia del método de riego fue de 510,79 mm, que corresponde a una dosis bruta de **5107,9 m^3 /ha**;y el tiempo mayor de riego aplicado al cultivo, fue de 7,38 horas correspondiente a la tercera fase de desarrollo con el 150% de la ETc, y el menor tiempo de riego fue de 1,32 horas con el 75 % de la ETc para la primera fase de desarrollo.

El tratamiento que mejor resultados arrojó en cuanto al desarrollo del diámetro de la planta es el T2 (100% de la ETc), con diámetros de 2,92 cm; y en cuanto al mayor desarrollo radicular el T4 (150% de la ETc), T3 (150% de la ETc), con valores de 59,5 y 58,17 cm respectivamente.

El tratamiento T2 (100% de reposición de ETc) es el que arrojó los mejores resultados alcanzando un rendimiento de 6,66 tn/ha, equivalente a 146,5

quintales por cada hectárea bajo las condiciones específicas de este ensayo. La parcela testigo, con un manejo del agua a través de surcos regados, donde se lleva el agua a través de mangueras de reparto, tal como lo realizan algunos de los productores de la zona, alcanzó un rendimiento de 5,93 tn/ha (130,46 qq/ha), rendimiento menor a todos los tratamientos evaluados.

Esto permite concluir que las láminas de riego inciden notablemente en el rendimiento del cultivo de maíz, obteniéndose un incremento de 0,76 tn/ha, ósea 16,72 qq entre el tratamiento T2 y el testigo. Este análisis nos demuestra que por cada metro cubico de agua consumida se producen 8,2 Kg de maíz en el tratamiento 1; 6,46 Kg en el tratamiento 2; 5,09 Kgen el tratamiento 3 y 4,10 Kg para el tratamiento 4.

El uso consuntivo obtenido por el método del balance de humedad de la parcela experimental en todo el ciclo del cultivo varió en promedio desde los 4,64 mm/d hasta 11,07 mm/d, desde la fase de menor hasta la de mayor demanda, y la ETo máxima obtenida por el método del lisímetro correspondió a 11,26 mm/d, para la etapa final del cultivo.

Los coeficientes del cultivo obtenidos para el tratamiento de mejor rendimiento: 100% de reposición de la ETc, corresponden a 0,54; 0,89; 1,10 y 0,90, para la etapa inicial, mediada, de desarrollo y final respectivamente.

El coeficiente de calibración para el tanque artesanal obtenido, tiene una variación de 1,13 hasta 1,43 desde el inicio de la instalación del ensayo hasta la finalización.

El tratamiento donde se obtuvo el mayor rendimiento corresponde al T2: 100 % ETc, con 147 qq/ha, y una relación Beneficio/Costo de **1,14** interpretada como buena, lo que permite aseverar que es esta la lámina que permite que el cultivo de maíz se desarrolle adecuadamente y se obtenga la máxima producción. En segundo lugar está el tratamiento T3: 125 % ETc, con una relación Beneficio/Costo de **1,13,** correspondiente a un rendimiento de 145 qq/ha.

ABSTRACT

The research entitled " EFFECT OF FOUR DRIP IRRIGATION DEPTHS ON HARD CORN CROP PRODUCTION (Zea mays) , BY EVAPORATION OF CLASS A TANK ", was developed in the province of Loja , Zapotillo Canton, Garza Real Parish and Neighborhood, in the lNlAP Experimental Farm, located at northwest to 15 km from the Zapotillo City. This Parish limits to the North with the Paletillas Parish, to the south with Zapotillo rural parish, to the east with Zapotillo and Paletillas Parishes and to the west with Limones and Paletillas ones. (Figure 3 and 4). This experimental testing is part of the branch 2C of Zapotillo irrigation system.

It is delimited by the following UTM coordinates (Universal transversal Mercator):

- Coordinate N: 9524472 m
- Coordinate E: 585126 m
- Altitude: 223 meters.
- Geographical area: 17 S

"According to the Loja hydraulic Plan (PHILO 1992) , Zapotillo canton has a warm dry climate, with an average temperature of 25°C, an average annual rainfall of 400-600 mm in the lower part, and it increases to 800-900 mm, in the upper part, on the fringes bordering to Pindal and Puyango counties .

The classification of life zones by LR Holdridge diagram (1982) corresponds to Tropical Dry Forest (B - G).

Agreeing to studies for the design of tertiary networks, by PREDESUR Ecuadorian Subcommittee, the lower zone of Garza Real, where the test is located, has clayey and clay loam soils.

Weather conditions presented in the site are characterized by a mean annual temperature of 25° C and an average annual rainfall of 500 mm. The rainfall regime is characterized by a rainy season in the months of January to April, but there is not rainfall in the other months.

The study area is located within the hot semi-desert climate type according Koopen system.

This research aims to improve or enhance crop yield through efficient water management by means of a drip irrigation system, which has allowed replacing water consumed daily in its physiological functions, with the following objectives established:

1. To determine the best irrigation depth in accordance to Class A pan evaporation

2. To get the consumptive use" Kc "coefficient of hard maize (Zea mays).

3. To validate the use of a traditional pan evaporation for the technical management of irrigation.

To evaluate the four irrigation depths it was used a random block scheme with four treatments (waterdepths) and three repetitions, obtaining a total of 12 experimental units.

In each block, four irrigation levels were tested : T1 (75 % ETc) , T2(100 % ETc), T3 (125 % ETc) and T4 (150 % ETc) .

According to soil analysis, it is evident that it is a fine-textured soil: clay with good retention capacity and availability of water for farming. Besides, it is a neutral soil, an essential condition for the chemical reactions are carried out effectively into the soil, and the elements are more available for the plants. Also, since it is a non-saline soil by analysis of electrical conductivity, it has a low organic matter content, average nitrogen content, and phosphorus and potassium are very high; it lets to deduce it is soil with a good level of fertility.

In the corn crop was used NetafimdriplineTiphoon 1650 model, which needs pressures ranging from 10 to 20 m water column located at a distance of 0.80 meters between lateral and 0.30 m between drippers for operating. The operation irrigation system is fixed so that initially all of 12 valves corresponding to all experimental plots must be operated , and once you apply each of the sheets, they are closing until to meet the reset time of the water to the crop (to reach water all plots) .

The replacement sheets (ETc) average is 4.65 mm /d, which means that throughout the crop cycle (115 days) this would rise to an average of 534.75 mm, corresponding to 5 347.5 m3 of water / ha.

During the entire corn crop cycle there were 32 irrigations, applying different sheets depending on the treatments or evaluated sheets with a frequency of three days, the actual blade applied throughout the crop cycle (raw sheet), where the efficiency of irrigation method was already taken into account. It was of 510.79 mm , which corresponds to a dose of 5 gross 107.9 m3 / ha, and the longer time of irrigation applied to the crop was of 7.38 hours correspondent to the third phase of development with 150 % ETc , and the lowest irrigation time was of 1.32 hours with 75 % ETc for the first phase of development.

The treatment that yielded better results in the development of the diameter of the plant was the T2 (100 % ETc) , with diameters of 2.92 cm, and in terms of greater root development T4 (150 % ETc) , T3 (150 % ETc) , with values of 59.5 and 58.17 cm respectively.

The T2 treatment (100 % Etc replacement) was what gave the best performance results reaching 6.66 tons / ha, equivalent to 146.5 quintals per hectare under the specific conditions of this try. The control plot with a water management through irrigated furrows, where water is carried through delivery hose, as do some of the producers in the area, reached a yield of 5.93 t / ha (130.46 q / ha), lower production than all treatments.

It lets to conclude that water depths significantly affect crop yield of corn, obtaining an increase of 0.76 t / ha, in other words 16.72 qq, between T2 and the control treatment. This analysis shows that for every cubic meter of water consumed, 8.2 kg of corn will be produced in treatment 1, 6.46 kg in treatment 2, 5.09 kg for treatment 3 and 4.10 kg for the treatment 4.

Consumptive use obtained by the method of moisture balance on the experimental plot crop during the entire cycle ranged on average from 4.64 mm/d to 11.07 mm/d, from the lower stage to higher demand, and the maximum ETo obtained by the method of lisímetro corresponded to 11.26 mm / d, for the final stage of cultivation.

The crop coefficients obtained for the treatment of best production: 100 % Etc replacement, are 0.54, 0.89, 1.10 and 0.90, for the initial phase, mediated, developmental and final, respectively.

The calibration coefficient for the traditional tank obtained has a variation of from 1.13 to 1.43 from the installation beginning of the test to completion.

The treatment which got the best output corresponds to T2 : 100 % ETc , with 147 q / ha , and Benefit / Cost relation of 1.14, interpreted as good, leading to the conclusion that this sheet is which allows the crop corn to develop properly and to achieve the maximum production. In second place is the treatment T3: 125 % ETc, with a Benefit / Cost relation of1.13, corresponding to a yield of 145qq / ha.

I. INTRODUCCION

Actualmente, en el Sistema de Riego Zapotillo se cultivan aproximadamente 1 000 hectáreas de maíz, debido a que las áreas de cultivo se han ido incrementando cada año, como consecuencia de la puesta en marcha de nuevas tierras bajo riego, principalmente en los sectores de Huàsimo Sur, Màncora, Jiménez, Tronco Quemado, Lalamor y Garza Real.

Las superficies de cultivo del proyecto de riego Zapotillo han aumentando gradualmente por la adquisición de tierras de parte de personas foráneas, dedicadas a la producción de cultivos de arroz, caña de azúcar, tomate, cebolla, y principalmente maíz.

Principalmente las zonas del ramal 2C del sistema de riego, correspondientes a las comunidades de Hacienda Vieja, Ceiba Grande, Garza Real, Pitayo, Zapallal, Corregidor y Sahinos; en su mayoría se dedican al cultivo de maíz, abarcando una superficie igual a 500 has “según el Padrón y catastro de riego del Sistema Zapotillo(RIDRENSUR 2013)”.

El maíz se viene cultivando a nivel de secano durante los meses de Enero a Junio y bajo riego durante todo el año obteniéndose un rendimiento promedio de 4,5 tn/ha (INIAP, 2008), producción que se comercializa en el sitio para ser trasladada desde las fincas de producción hacia los mercados de Guayaquil, Balsas y Marcabelì, constituyendo materia prima para la producción de balanceados.

El maíz amarillo es uno de los productos agrícolas más importantes de la economía de la zona, pues forma parte de la dieta alimenticia, al ser consumido en sus diferentes formas: Humitas, Mote y Choclo.

Uno de los problemas técnicos más importantes es la falta de información en tiempo real de los requerimientos hídricos del cultivo de maíz para optimizar el uso del agua de riego, a través de la tecnificación de métodos de aplicación de agua al suelo, para lo cual se requiere conocer los valores del coeficiente Kc del cultivo para cada fase fenológica, evapotranspiración, láminas y

frecuencias de riego optimas, que permitan realizar la correcta programación, diseño y operación de sistemas de riego por gravedad y presurizados, logrando con ello optimizar el uso del agua, proteger el suelo y productividad del cultivo.

Con esta investigación se pretende mejorar o elevar el rendimiento del cultivo, a través de un manejo eficiente del agua por medio de un sistema de riego por goteo, que ha permitido reponer diariamente el agua consumida en sus funciones fisiológicas.

Esta investigación se la realizó en La Granja Experimental del INIAP en Garza Real, del Cantón Zapotillo, Provincia de Loja, durante el 28 de septiembre del 2012 hasta el 14 de enero del 2013; habiéndose planteado los siguientes objetivos:

4. Determinar la mejor lámina de riego según la evaporación de tanque clase A.

5. Obtener el coeficiente “Kc” de uso consuntivo del cultivo de maíz duro *(Zea mays).*

6. Validar la utilización de un tanque evaporímetro artesanal para el manejo tecnificado del riego.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES SOBRE EL CULTIVO DE MAIZ

2.1.1 Origen y distribución geográfica

El maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América. Hoy no hay dudas del origen americano del maíz, pero nunca fue mencionado en ningún tratado antiguo, ni en la Biblia, hasta el descubrimiento de América por Cristóbal Colón, quien lo vio por primera vez en la isla de Cuba en octubre de 1492.(Revelo,2010).

El maíz surgió aproximadamente entre los años 8 000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México. El ecosistema que dio lugar al maíz era de invierno -seco estacional en alternancia con las lluvias de verano- y en una región montañosa, de cuestas empinadas y sobre roca caliza. Las propiedades anteriores también describen el área mayor ocupada por el género Tripsacum. Las tres vistas ampliamente sostenidas acerca del origen de maíz explican que provenía de: 1) una forma de maíz silvestre, 2) un teocintle silvestre, 3) un antepasado desconocido (ni maíz silvestre ni teocintle). Cada teoría deduce su evidencia apoyándose en diferentes campos de investigación, desde la arqueología, los análisis bioquímicos, isoenzimáticos y moleculares, así como los citogenéticos, morfológicos y taxonómicos. Durante los años 70, la idea más aceptada era la del maíz silvestre como ancestro de la forma doméstica. Sin embargo, en los años 80 la teoría más sostenida en este sentido es la del teocintle como progenitor del maíz. En la actualidad, aún el origen del maíz no se encuentra dilucidado y existen amplias investigaciones en este sentido. (Revelo, 2010).

2.1.2 Información botánica

Es una planta herbácea de ciclo corto, con mazorcas que producen granos que generan una nueva planta (INIA, 2008), las características botánicas son las siguientes:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Subclase: Commelinidae
Orden: Poales
Familia: Poaceae
Clase: Angiosperma
Subclase: Monocotiledonea
Tribu: Andropogoneae
Género: Zea
Especie: *Mayz L*

2.1.3 Agro ecología del cultivo

El maíz es un cultivo de crecimiento rápido, que produce más con temperaturas moderadas y un suministro abundante de agua. La temperatura ideal está entre 24 °C y 30 °C.
En general los suelos más idóneos para el cultivo de maíz son los inceptisoles, de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención de agua. (INIA, 2008).

En comparación con otros cultivos, el maíz se adapta bastante bien a la acidez o alcalinidad del terreno. Puede cultivarse con buenos resultados entre pH 5.5 y 7.0 aunque el óptimo corresponde a una ligera acidez (pH entre 5.5 y 6.5). (INIA, 2008).

El ciclo de desarrollo de la planta de maíz es de aproximadamente 125 días, compuesto por cuatro fases fenológicas:

Etapa inicial: comprendida desde la siembra hasta cuando es visible el cuello de la primera hoja, con una duración de 20 días.

Etapa de desarrollo: comprendida desde cuando es visible el cuello de la primera hoja hasta cuando han aparecido todas las hojas, con una duración de 35 días.

Etapa de mediados: comprendida desde que han aparecido todas las hojas hasta cuando aparecen los estigmas, con una duración de 40 días.

Etapa final: comprendida desde cuando aparecen los estigmas hasta la madurez fisiológica y la humedad del grano es generalmente del 35 %, con una duración de 30 días (FAO, 2006).

2.2 PRÁCTICAS CULTURALES

2.2.1 Siembra del maíz

La preparación de los suelos para el cultivo de maíz puede ser de dos maneras: manual o mecanizada y la implementación de una de ellas dependerá de la topografía y condiciones del suelo proporcionándole una buena labranza al terreno se logrará dar excelentes condiciones a la semilla para su germinación y desarrollo de la planta.

La labranza mínima es un método beneficioso para agricultores que tienen terrenos inclinados o con buen drenaje ya que disminuye la erosión; también permite una mayor retención de humedad al no remover ni exponer el suelo a la acción del viento.

Si la maleza tiene más de 50 cm. de alto, se corta con machete, y después de 5 días aplicar el herbicida a base de glifosato al rebrote en dosis de 200 ml/ bomba de 16 litros.

A la siembra, dependiendo del tipo de maleza presente o si no hay rastrojos sobre el suelo es recomendable aplicar en preemergencia, herbicida Atrazina. (INIA, 2008).

La siembra de maíz se la debe hacer a golpe utilizando barretón (sistema manual) a una distancia de 80 cm entre hileras o surcos y a 30 cm entre plantas, enterrando de una a dos semillas en cada hoyo, para la variedad INIAP 182 y variedades criollas.

Hay dos épocas de siembra: la de secano realizado a mediados de enero y la otra bajo riego que se la realiza en cualquier época del año. (INIA, 2008).

2.2.2 La fertilización del maíz

Se realiza tomando en cuenta el resultado del análisis de suelo, el maíz es muy exigente en elementos nutritivos, comparado con otros cultivos.

La fertilización se hará en tres aplicaciones: la primera fertilización es a la siembra. La segunda a los 21 días, la tercera a los 35 días. El método de aplicación del fertilizante más recomendable es postura incorporada, aunque existen otros, tales como: postura superficial y en banda. (INIA, 2008).

Si las malezas se combaten mecánicamente, se deben efectuar dos deshierbas durante los primeros treinta días de crecimiento del cultivo, y se deben hacer en forma superficial sin dañar el sistema radicular del cultivo.

Estas labores pueden hacerse con lampa, azadón o una cultivadora adaptada a un tractor. El control químico evita daños al sistema radicular de las plantas se pueden aplicar herbicidas solos o en mezcla en preemergencia, inmediatamente después de la siembra o a más tardar cuando las malezas tengan 2 o 3 hojas o en preemergencia para malezas de más de 3 hojas. (INIA, 2008).

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día. Los riegos pueden realizarse por aspersión, goteo y por gravedad. El riego más empleado últimamente es el de aspersión.

Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración.

Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización.

Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada. (INIA, 2008).

2.2.3 Control fitosanitario

Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Plaga universal de importancia variable, dependiendo de la edad de la planta, estadio de plaga, condición del clima (en sequía puede ser notoria su presencia).

Daño: ataca como cortador cuando las plantas recién emergen, las plantas mayores son defoliadas, puede afectar la flor masculina (interrumpiendo el proceso normal de polinización), también ataca como elotero y como barrenador. (INIA, 2008).

Tortuguillas (*Diabrotica sp, Acalymma sp, Cerotoma sp, Colaspis sp*).

Dependiendo de su densidad poblacional puede tener poca o mucha importancia, especialmente como adulto en las plántulas y como larvas en las raíces.

Daño: Los adultos comen el follaje, pueden dañar los estigmas del jilote, afectando la polinización, provocando un mal llenado de grano en la mazorca y produciendo daño, y hasta la pérdida total del fruto. (INIA, 2008).

Gusano medidor (*Mocis latipes*), falso medidor (*Trichoplusia ni*).
De importancia relativa, ya que su aparición es esporádica y localizada; cuando aparecen pueden provocar serios daños al follaje. (INIA, 2008).

Barrenadores del tallo (*Diatraea sp*).
Plaga de moderada importancia, la severidad del daño depende de la edad de la planta, aunque puede ser seria a nivel local.

Daño: Hacen túneles en los entrenudos, reduciendo el vigor del tallo, por lo general contribuyen al acame. Pueden taladrar mazorcas, provocar corazón muerto. (INIA, 2008).

Pudrición de la mazorca (*Gibberella fugikuroi*) (Estado imperfecto, fusarium moniliforme).

Es el patógeno más común de la mazorca. Su daño es al grano o una parte de la mazorca. (INIA, 2008).

Pudrición de la mazorca (*Diplodia maydis*).
Las mazorcas presentan áreas decoloradas en las brácteas, y estas desarrollan secas, aun cuando la planta está verde. (INIA, 2008).

Manchas café (*Physoderma maydis*).
Ocurre en lugares con precipitación pluvial alta y temperatura alta, ataca las hojas, los tallos y algunas veces hasta las brácteas de la mazorca.

El control para esta enfermedad no se ha establecido, aunque se han realizado investigaciones para ello, solo se tiene trabajos de resistencia genética. Usar variedades tolerantes o resistentes. (INIA, 2008).

Tizón Foliar (*Helmintosporium carbonum*).

Provocan lesiones alargadas delgadas y de color pardo, principalmente en las hojas más bajas; pero si su ataque es severo, puede afectar toda la planta, incluso la mazorca. (INIA, 2008).

2.2.4 La cosecha del maíz

Se la realiza cuando está maduro y la humedad del grano está en aproximadamente 37 %. De allí en adelante, el grano ya no gana peso y solamente pierde humedad; teóricamente, la cosecha podría comenzarse en ese momento, pero por razones prácticas generalmente se la inicia cuando el grano está entre 25 y 18% de humedad.

En cuanto a las pérdidas por granos quebrados, alcanzan su punto mínimo cuando el grano tiene 20% de humedad.

A menor porcentaje de humedad, el quebrado aumenta, por tanto la decisión de cuándo comenzar la cosecha debe estar basada en conceptos económicos y técnicos tales como: costo del secado y la probable pérdida de rendimiento por atraso en la cosecha (INIA, 2008).

2.3 REQUERIMIENTOS HIDRICOS DE LOS CULTIVOS

Uno de los aspectos fundamentales en el manejo del riego en el cultivo es aquel relacionado con su demanda de agua, no solo en términos globales si no también la que se produce en las distintas epatas de su desarrollo.

Al respecto muchos son los investigadores que han abordado el tema, planteando ecuaciones y relaciones que permiten, de una u otra forma estimar

con cierta aproximación lo que realmente la planta está necesitando en un momento determinado. (Valdivieso, 2003).

2.3.1 Evapotranspiración

La cantidad de agua que necesita la planta se compone de la forma siguiente:

- Agua incorporada a la planta (agua de constitución).
- Agua evaporada por la superficie del suelo en donde se asienta la planta.
- Agua transpirada por la planta.

El consumo de agua por evaporación y por transpiración se puede considerar prácticamente como el consumo total, ya que el agua de constitución representa una parte muy pequeña. El consumo de agua por evaporación y por transpiración recibe el nombre de evapotranspiración. La evapotranspiración potencial es la cantidad de agua consumida durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua. (FAO, 2006).

La evapotranspiración real es la cantidad de agua consumida realmente por el cultivo en las mejores condiciones posibles, se obtiene de la relación:

$$ETc = ETo \times Kc$$

Donde:

ETc: Evapotranspiración del real del cultivo, mm/d

ETo: Evapotranspiración del cultivo de referencia, mm/d

Kc: Es el coeficiente de cultivo (FAO, 2006).

2.3.2 Necesidades de agua a lo largo del ciclo vegetativo de la planta

A medida que la planta crece y se desarrolla aumenta el número de hojas, con lo cual se hace más intensa la transpiración y aumentan las necesidades de agua. Para aumentar su capacidad de absorción de agua, la planta profundiza y extiende sus raíces. La demanda de agua aumenta progresivamente a medida que la planta va creciendo y desarrollándose, hasta llegar un momento en que las necesidades son máximas. El periodo de máximo consumo coincide con una gran velocidad en crecimiento o con la formación de las

flores, frutos y semillas, y se prolonga durante algunas semanas. Una vez que la semilla se ha formado, la demanda de agua baja con rapidez hasta llegar al final del ciclo vegetativo.

El cultivo de maíz en todo el ciclo de desarrollo consume 6 967 m^3/ha, el período máximo de consumo de agua se llama período crítico. Durante este período las necesidades son más intensas, de tal modo que si no absorbe toda el agua necesaria, la producción decrece notablemente. (INIA, 2008).

2.3.3 Coeficiente de cultivo

El coeficiente de cultivo expresa cómo varía la capacidad de la planta para extraer el agua del suelo durante su período vegetativo, que abarca desde la siembra hasta la cosecha, este coeficiente depende de las características de la planta y de las diferentes etapas que abarca el periodo vegetativo.

La literatura técnica reporta valores Kc para diferentes fases de desarrollo de un cultivo.

Fase inicial: de la siembra o trasplante hasta que el cultivo cubra alrededor del 10% del suelo

Fase de desarrollo: desde el final de la fase inicial hasta que se alcanza el 70-80% de la cobertura del suelo

Fase de mediados: desde el final de la fase de máximo crecimiento hasta la madurez; incluye las subfases de floración y fructificación.

Fase final: Hasta la cosecha incluye la madurez. (FAO, 2006).

2.3.4 Métodos para determinar la evapotranspiración

Métodos directos

Los métodos directos son aquellos donde se pueden obtener los datos de consumos de agua del campo en forma directa, entre estos métodos tenemos los siguientes:

- El Lisímetro
- Tanque Evaporímetro clase “A”

El lisímetro es un dispositivo introducido en el suelo, rellenado con el mismo terreno del lugar y con vegetación, en su interior tiene diversas capas de suelo simulando el suelo natural del sitio donde se sitúa. (WIKIPEDIA, 2011).

Es utilizado para medir la evapotranspiración de referencia (ETo), para ello se siembra un pasto que debe permanecer a una altura de 15 cm; o del cultivo (ETc) donde se siembra el cultivo a evaluar.

Los lisímetros los hay de tres tipos: de pesada, de drenaje con succión, y el convencional de drenaje sin succión (como se representa en la figura).

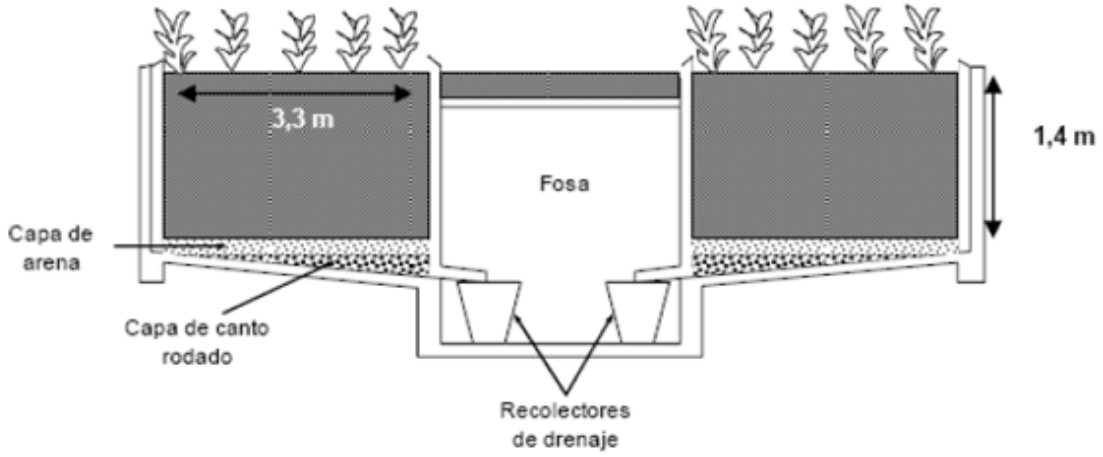


Fig. 1 Representación grafica del Lisímetro, Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.

Este dispositivo permite medir la cantidad de agua consumida por el cultivo, a través de la contabilización del agua de drenaje que sale por un orificio ubicado en el fondo, y que generalmente tiene 5 cm de diámetro. La ecuación general utilizada en el lisímetro es la siguiente:

$$\mathrm{ETo} = \mathrm{Qe} - \mathrm{Qs}$$

Donde:

ETo: Evapotranspiración potencial (mm/d), del lisímetro (consumo)

Qe: Volumen de entrada, riego.

Qs: Volumen de salida, drenaje.

El tanque evaporímetro clase "A" es un deposito circular con un diámetro de 120,5 cm y de 25,4 cm de profundidad. Es un tanque de hierro galvanizado y pintado con una capa de pintura de aluminio va montado sobre una plataforma de madera, para su ventilación.

La base del tanque debe estar a 5 cm por debajo de su borde, y se debe evitar que el nivel del agua baje más allá de 7,5 cm por debajo del mismo. Dentro del tanque se encuentra un micrómetro el cual permite leer el nivel del agua. Dicha lectura se realiza diariamente y a una hora fija.

Fig. 2 Tanque evaporímetro Clase "A". Garza Real 2013.

Este equipo permite la determinación de la ETc a través de la utilización la ecuación:

$$\mathrm{ETc} = \mathrm{ET} * \mathrm{Kc}$$

Donde:

ETc: Evapotranspiración del cultivo calculada con el tanque clase A.

ET: Evaporación medida en el tanque clase A, mm/d.

Kt: Coeficiente de tanque (0,6-0,8), en función del clima y la cobertura del terreno (ver anexo 31).

Kc: Coeficiente del cultivo. (FAO, 2006).

Métodos indirectos

Los métodos indirectos son aquellos donde los consumos no se obtienen directamente del campo, si no que hay que valerse de información climática, para luego aplicar algún modelo matemático, entre estos métodos tenemos los siguientes: Penman Monteith, Thornthwaite, Hargreaves, Blaney y Criddle, de la radiación, entre otros.

2.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RÉGIMEN DE RIEGO

2.4.1 Constantes hidrofisicas del suelo

Contenido de humedad del suelo

El método Gravimétrico permite determinar el contenido de humedad a fin de obtener tanto los datos fijos de la capacidad de campo y del punto de marchitez permanente del suelo para determinar el régimen de riego durante el periodo vegetativo del cultivo.

Capacidad de campo

Corresponde al contenido de humedad que existe en un suelo después de una lluvia o un riego, que lo han saturado y luego el exceso de agua ha percolado hacia el subsuelo. En esta condición los macroporos se han drenado y únicamente los microporos retienen agua.

En relación a los valores de energía de retención del agua la capacidad de campo, se encuentra dentro del orden de: suelos arenosos 1/10 atmosfera, suelos francos 1/3 atmosfera y suelos arcillosos: ½ atmosfera.

Punto de marchitez permanente

Corresponde al límite inferior de humedad aprovechable por las plantas. Se determina sometiendo una muestra de suelo a una presión de 15 atmosferas. Se expresa en porcentaje en base al peso seco del suelo.

Potencial màtrico del suelo

Es el resultado de las fuerzas capilares y absortivas debidas a la matriz del suelo, estas fuerzas atraen y enlazan el agua del suelo y disminuyen su energía potencial a un nivel más bajo que el agua libre. En otras palabras el potencial màtrico denota la influencia conjunta de los poros y de la superficie de las partículas. (Valarezo, 1998).

Curva de capacidad hídrica

Cada vez que disminuye el contenido de agua del suelo, aumenta exponencialmente el trabajo necesario para extraer una cantidad adicional de agua. También se puede decir que cuando la carga de presión del agua del suelo cambia, también varía el contenido de humedad del suelo. El grafico que representa la relación entre la carga de presión negativa y el contenido de humedad, se lo conoce con el nombre **de curva de retención de agua del suelo ò curva de capacidad hídrica** (Valarezo, 1998).

A continuación se presenta una curva de retención de agua del suelo, para diferentes tipos de suelos.

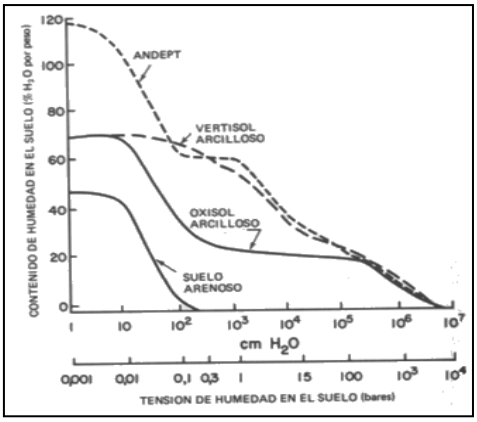


Fig. 3 Curva de capacidad hídrica para varios tipos de suelos: Fuente rincondelvago.com/sales-solubles en el suelo.h.

Infiltración de agua en el suelo

Es el proceso de penetración del agua del exterior hacia el interior del suelo a través de su superficie. La capacidad de infiltración es la velocidad de infiltración máxima que se alcanzará en un suelo determinado, para un

contenido de humedad dado, cuando el abastecimiento de agua es limitado. La velocidad de infiltración sirve para determinar o escoger el emisor de riego. (Valdivieso, 2003).

2.5 RIEGO POR GOTEO

Es un sistema localizado, puede ser superficial y subterráneo, aplica el agua muy próxima a las raíces de las plantas (uno o más goteros por planta), la aplicación del agua es lenta, por medio de gotas, producidas por pequeños caudales, que salen desde los emisores o goteros. (COSV- UNL- AIDER, 2011).

2.5.1 Ventajas y desventajas

Ventajas

- Economía por uso de agua
- Alta eficiencia de aplicación y por ende mayor producción
- Control de malezas, plagas y enfermedades
- Bajo requerimiento de presión
- Posibilidad de regar en suelos de cualquier textura y elevada pendiente. (COSV- UNL- AIDER, 2011).

Desventajas

- Alto costo de operación y mantenimiento
- La operación y mantenimiento debe ser hecha con técnicas especializadas
- Taponamiento de los goteros por la presencia de sedimentos y sólidos en el agua de riego
- Salinización de los suelos, ya que la baja cantidad de agua produce la acumulación de sales. (COSV- UNL- AIDER, 2011).

2.5.2 Características técnicas

El goteo es el único de los sistemas presurizados que funciona con bajas presiones, habiendo cintas y líneas que funcionan desde 5 hasta 30 mca. (COSV- UNL- AIDER, 2011).

Hay goteros que descargan desde 2 hasta 12 litros por hora, y su selección se hará según el cultivo a implementar. El método por goteo es el más eficiente de los presurizados, ya que su eficiencia de aplicación puede llegar a ser del orden de 90 %, si se realiza un buen diseño. (COSV- UNL- AIDER, 2011).

2.8 INVESTIGACIONES REALIZADAS EN LA PROVINCIA DE LOJA

Molina. (2010) En San Juan - Cantón Pindal realizó una investigación bajo secano acerca de la evaluación de seis híbridos de maíz amarillo duro; INIAP H-601, INIAP H 553, HZCA 315, HZCA 317, HZCA 318, AUSTRO 1, frente a dos testigos, AGRI 104 Y DEKALB DK-7088, sembrados por el agricultor local, para la Tesis de Ing. Agropecuario-Industrial, dentro de la cual obtuvo las siguientes conclusiones:

- Existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en cuanto al rendimiento, el Testigo 2: híbrido comercial DEKALB DK-7088, presentó el mayor rendimiento con 7,69 t/ha., por otra parte el Tratamiento 6: HZCA-315, presenta el segundo mejor rendimiento con 6,22 t /ha.

- El Testigo 1: híbrido comercial AGRI-104, presenta el rendimiento más bajo con 4,89 t /ha.

- Los demás tratamientos: INIAP H-601, INIAP H-553, HZCA-317, HZCA-318 y Austro-1, tienen un rendimiento sobre las 5 t /ha y comparten estadísticamente el mismo rango.

INIAP. (2012) realizó un trabajo de evaluación bajo riego por surcos de la variedad INIAP-182 en la Granja Experimental de Garza Real, Cantón Zapotillo, durante el ciclo de cultivo de julio a diciembre, donde se manejó una frecuencia de riego de 8 días y se obtuvo un rendimiento de 120 qq/ha.

Amadeo Guerrero, productor de maíz estableció un cultivo en el año 2012 de la variedad INIAP-182, en la Parroquia Paletillas, Cantón Zapotillo, durante el

ciclo de cultivo: enero a junio, bajo el sistema de secano, donde obtuvo un rendimiento de 95 qq/ha.

Alberto Rogel, productor de maíz estableció un cultivo en el año 2011 de la variedad INIAP-182, en la Parroquia Garza Real, Cantón Zapotillo, durante el ciclo de cultivo: enero a junio, bajo riego por surcos, donde se manejó una frecuencia de riego de 8 días y obtuvo un rendimiento de 123 qq/ha.

2.9 INVESTIGACIONES REALIZADAS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

Segura y Andrade (2011), En Santo Domino-Ecuador realizaron una investigación sobre el efecto de las condiciones agro meteorológicas sobre un cultivar criollo y dos híbridos de maíz en cuatro fechas de siembra, para la Tesis de Ing. Agropecuario, dentro de la cual obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La siembra de Abril produjo la menor altura promedio de las cuatro épocas de siembra, con una altura de 187 cm. En este ciclo del cultivo se produjo una precipitación superior del 67,2 mm mayor al promedio normal, lo que afectó sensiblemente a los tres materiales genéticos.

- El número de días a la floración en las cuatro fechas de siembra no sufrió ningún efecto de la precipitación.

- El efecto de la precipitación sobre el incremento semanal de altura de planta fue positivo, en las cuatro fechas de siembra. Se debe destacar el alto incremento del crecimiento del cultivar criollo a partir de los 49 días después de la siembra, aspecto que debería ser tomado en cuenta como una segunda necesidad de fertilización nitrogenada a esta edad de la planta.

- Las siembras de abril y mayo, son las que menos producción de grano alcanzaron a pesar que estos meses son lluviosos y se asume que existe gran cantidad de humedad remanente para el final del ciclo.

- Existen diferencias marcadas en rendimiento dependiendo de las fechas de siembra, las de agosto y septiembre, son las que más producción de grano alcanzaron a pesar que su ciclo se desarrolla durante la estación teóricamente seca.

RIvetti. (2006), en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina, realizó una investigación sobre la Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina y Rendimiento en grano de maíz y sus componentes.

En esta investigación se usó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones, para efectuar la programación de los diferentes riegos se dividió el ciclo del cultivo en tres etapas: pre crítico, crítico y pos crítico. Para la determinación del momento de riego se realizó un balance hídrico, dentro de la cual se obtuvo las siguientes conclusiones:

- El rendimiento de grano del cultivo de maíz híbrido NIDERA (AX 884) y sus componentes(número de granos por m^2 y peso de 1000 granos), en la zona de Río Cuarto, presentan respuesta significativamente positiva a la práctica del riego.

- Entre los distintos tratamientos regados no se observan diferencias significativas en el rendimiento de grano y en sus componentes, probablemente porque no se produjo déficit de agua en el período crítico (15 días prefloración y hasta 15 días post floración).

- El consumo promedio de agua para todo el ciclo del cultivo de maíz, según el balance hídrico, estuvo en el orden de los 575 mm para la región de Río Cuarto, correspondiendo 227 mm al período crítico.

- La aplicación de una lámina total de 330 mm generó un aumento en la producción de grano del 72 %.

- Para el híbrido NIDERA AX 884 y para Río Cuarto un incremento de evapotranspiración de 1 mm genera un aumento de producción en grano de aproximadamente 25 kg/ha.

- La eficiencia de uso del agua, para esta variedad y en Río Cuarto, es de 2,7 kg/m3 de agua consumida para producir grano.

- Una adecuada programación del riego, en la cual se tengan en cuenta las necesidades del cultivo en el período crítico, permitiría obtener rendimientos próximos al potencial.

Giralt (1984) en la Estación Experimental de Riego en La Habana-Cuba, realizó una investigación sobre las necesidades hídricas del maíz en dos épocas de siembra, en suelos ferralíticos en la Estación Experimental de Riego en La Habana, dentro de la cual obtuvo los siguientes resultados:

- La siembra de maíz de primavera se cosechó desde 110 a 125 días
- La siembra de invierno se cosechó desde 125 a 140 días.
- El maíz de grano tierno se cosecha entre 80 y 90 días en primavera y de 85 a 95 días en invierno.
- El cultivo del maíz en grano seco requiere de 330 a 412 mm de agua, el maíz de grano tierno requiere de 250 a 300 mm de agua.
- El maíz es una planta con tolerancia relativa al déficit de agua, las necesidades de agua más importantes son en la fase de germinación de la semilla y la fase de la formación de la espiga- grano lechoso que se debe garantizar un suministro adecuado de agua.
- Para garantizar la uniformidad de germinación debe regarse con la humedad del suelo de 90-95 % de la capacidad de campo a una profundidad entre 25 a 30 cm., En otras fases se riega con una profundidad entre 30 y 40 cm., asegurándose de que la humedad del suelo no disminuya hasta el 85 % de la capacidad de campo.

III MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACION DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se desarrolló en la provincia de Loja, Cantón Zapotillo, Parroquia y Barrio Garza Real en la Granja Experimental del INIAP, ubicada al noroccidente, a 15 km de la Ciudad de Zapotillo. Los límites de la Parroquia son: Al norte con la Parroquia Paletillas, al sur con la Parroquia rural Zapotillo, al este con las Parroquias Zapotillo y Paletillas y al oeste con las Parroquias de Limones y Paletillas (figura 4 y 5), este ensayo experimental forma parte del Sistema de Riego Zapotillo, ramal 2C.

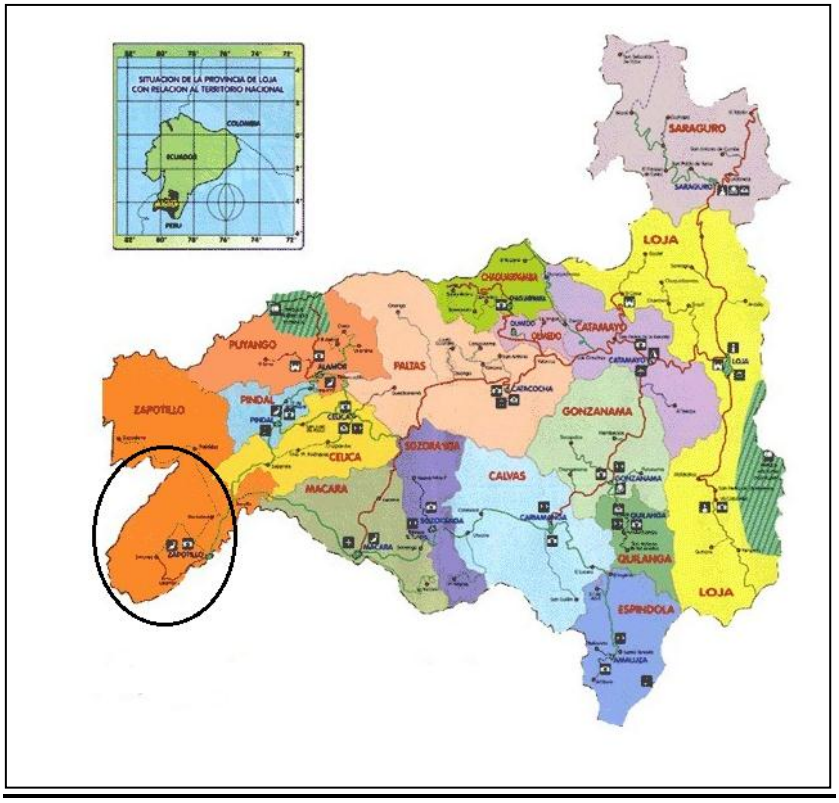


Fig. 4 Ubicación geográfica del Cantón Zapotillo. Garza Real 2013.

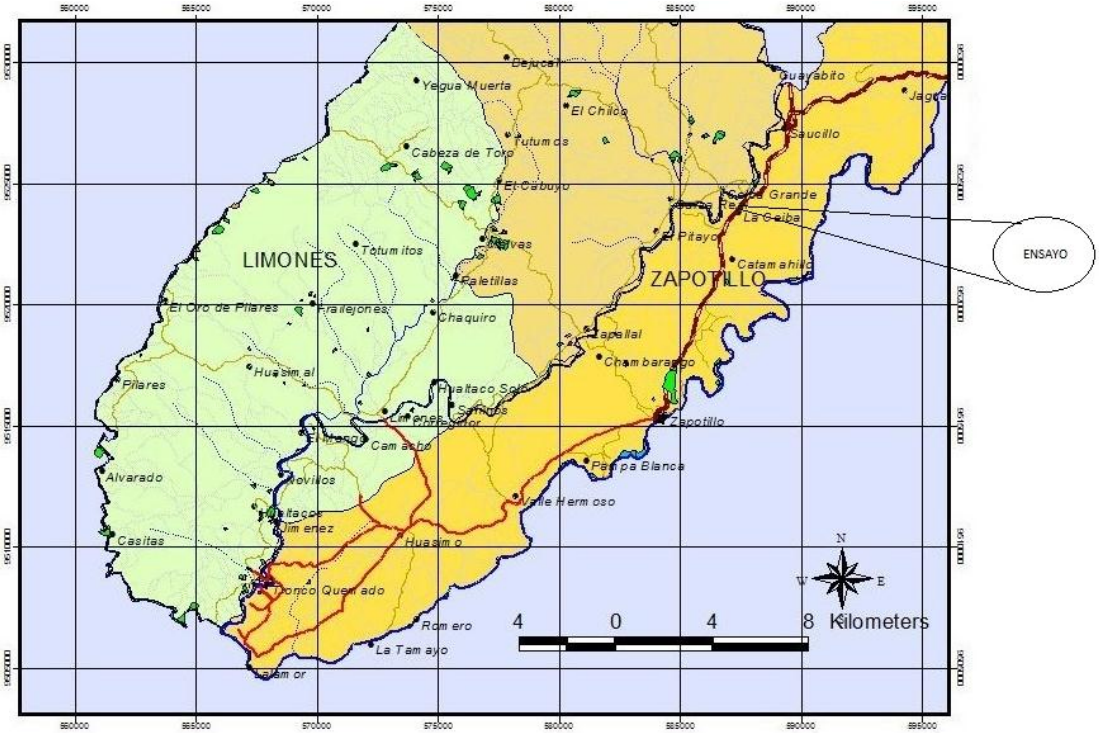


Fig. 5 Ubicación del ensayo. Garza Real 2013.

El ensayo se encuentra en las siguientes coordenadas UTM (Universal transversal Mercator):

Coordenada N: 9524472 m
Coordenada E: 585126 m
Altitud: 223 msnm.
Zona geográfica: 17 S

En la mayor parte del Cantón y Parroquia Garza Real la actividad principal es la ganadería, existiendo la cría extensiva de cabras, y la ganadería bovina se practica en zonas de potreros.

Los sistemas de producción agrícola se limitan a cultivos de maíz, frejol y zapallo en temporada de invierno, y en verano se pueden encontrar grandes zonas de cultivos de cebolla, camote, arroz, sandia y tomate.

“Según el Plan hidráulico de Loja (PHILO 1992), el Cantón Zapotillo posee un clima cálido seco, con una temperatura promedio de 25 ºC, una precipitación media anual de 400 a 600 mm en la parte baja, y se incrementa de 800 a 900

mm, en la parte alta, en las franjas que limita con los cantones de Pindal y Puyango.

La clasificación de zonas de vida según el diagrama de Holdrige L.R. (1982), corresponde a Bosque seco- tropical (Bs-T).

De acuerdo a los Estudios realizados por la Subcomisión Ecuatoriana PREDESUR, para el diseño de las redes terciarias la zona baja de Garza Real donde se ubica el ensayo posee suelos de textura arcillosa y franco arcilloso.

Las condiciones climáticas que presenta el lugar se caracteriza por una temperatura media anual de 25 ºC y una precipitación media anual de 500 mm. El régimen pluviométrico se caracteriza por tener una época de lluvias en los meses de enero a abril, y el resto de meses no existen precipitaciones.

La zona de estudio está ubicada dentro del tipo climático caluroso semidesértico según el sistema de Koopen.

3.2 CARACTERISTICAS DEL RAMAL 2C

El ramal 2C del sistema de riego Zapotillo está integrado por los sectores de Hacienda Vieja, Ceiba Grande; Garza Real, Pitayo, Zapallal, Corregidor, Macas, Sahinos y Limones, los que abarcan 1 424 hectáreas netas de riego, conduce un caudal de 1,5 m^3/s. Ésta zona posee un relieve que va desde plano hasta ondulado con pequeñas elevaciones en las partes cercanas al rio Alamor, y con grandes montañas superiores a 500 m en la parte alta limitante con la Parroquia Paletillas. Presenta suelos que van desde arcillosos hasta franco arcillosos y franco arenosos. Los cultivos que se vienen implementando en esta zona corresponden al arroz, maíz, tomate y frutales (RIDRENSUR EP, 2013).

3.3 MATERIALES DE CAMPO Y OFICINA

Materiales para el ensayo

Área de ensayo 144 m^2, lisímetro, tanque evaporímetro clase “A”, tanque de plástico casero como recipiente de evaporación de capacidad 20 litros, barrenos, palas, fundas plásticas de 1 kg, Semilla de maíz variedad INIAP 182, herbicida, fungicidas, insecticidas, fertilizantes, bomba de fumigar de 20 litros, estacas de madera de 40 cm,

Materiales y equipos de medición

Cámara digital, flexòmetro de 8 metros, balanza de precisión digital, probeta graduada, cilindros infiltròmetros, medidor de humedad de granos digital.

Materiales y equipos para el sistema de riego

El equipo de riego por goteo forma parte del sistema general que dispone la granja experimental, el que se compone de un cabezal de filtrado (hidrociclòn, filtro de arena y de anillos), electrobomba de 20 HP con un caudal máximo de descarga de 15 l/s, tubería principal de pvc de 110 mm. En el experimento las tuberías principales y secundarias son de polietileno; y los laterales constituyen líneas de goteo de 16 mm con goteros que descargan 1,75 l/h espaciados cada 30 cm.

Materiales de oficina

Equipo de cómputo, calculadora, materiales y suministros de oficina, tabla para interpretación análisis de suelos, cartas topográficas del IGM escala 1: 50 000.

3.4 AGROTECNIA DEL CULTIVO

3.4.1 Preparación del terreno

Primeramente se hizo el desbroce de las malezas y arbustos utilizando machete, para luego realizar una labor de arada con discos tirados por tractor a una profundidad de 20 cm, donde se dejó el suelo en descanso por un periodo de 15 días para que los factores climáticos actúen y permitan su desintegración, para después hacer el mullido del suelo con herramientas manuales.

El replanteo de las parcelas fue ejecutado en forma manual tomando en cuenta las especificaciones del diseño experimental (anexo 7).

Fig. 6 Replanteo del ensayo. Garza Real 2013.

3.4.2 Preparación de la semilla

Esta labor consistió en la desinfección de la semilla para impedir el ataque de insectos del suelo, empleando una mezcla del insecticida *Tiodicarb* (Semevin) en dosis de 40 cm^3/ por los 2 kg de semilla empleados para la siembra. Este producto fue aplicado a través de un spray, hasta que se humedezcan totalmente, para luego dejarlas secar quedando así listas para la siembra.

3.4.3 Siembra

El día anterior a la siembra se aplicó un buen riego. La siembra se realizó el 28 de septiembre del 2012 en forma manual y se empleó la variedad INIAP 182, plantada a 30 cm de distancia entre plantas y a 80 cm entre filas.

3.4.4 Fertilización de fondo

Para realizar la fertilización previamente se tomaron muestras representativas del terreno a tres bolillo, las cuales se llevaron al laboratorio de suelos y aguas del INIAP, para el análisis de las propiedades físico-químicas y de fertilidad.

Fig. 7 Muestreo del suelo para su análisis. Garza Real 2013.

Según los resultados del análisis del suelo la disponibilidad de macronutrientes expresada en kg/ha es la siguiente:

N = 30,06 ppm (60,12 kg/ha)
P_2O_5 = 62,24 (124,48 kg/ha)
K_2O = 1,14 meq/100ml (889,20 kg/ha)

De acuerdo a las recomendaciones del análisis de suelo (Ver Anexo 1) se realizó la fertilización a los ocho días después de la siembra con 10 – 30 – 10 (a base de Nitrógeno, Fósforo y Potasio) en dosis de 133 kg/ha, y muriato de potasio en dosis de 43 kg/ha.

Fig. 8 Fertilización de fondo del suelo. Garza Real 2013.

3.4.5 Fertilización post siembra

La cantidad de fertilizantes se ajustó a los resultados del análisis del suelo y requerimientos de la planta (Ver Anexo 1). La fuente que se utilizó fue Úrea (Nitrógeno 46%).

La fertilización se realizó en dos partes:

La primera a los 25 días después de la siembra, el 25 de octubre del 2012, en dosis de 134,41 kg/ha.

La segunda a los 60 días después de la siembra utilizando la misma dosis de la primera aplicación.

3.4.6 Deshierba

Se realizó un control de malezas en preemergencia, de forma química utilizando bomba de mochila, esto a los dos días después de la siembra utilizando Atrazina en dosis de 2 kg/ha y Glifosato, en dosis de 250 cm^3/20 litros, para el control de semillas y malezas respectivamente.

3.4.7 Control de plagas y enfermedades

Los controles fitosanitarios se realizaron de acuerdo a la presencia de plagas y enfermedades en el desarrollo del cultivo, cuando estas sobrepasaron los índices de incidencia (ii) del 5 %. El índice de incidencia se determinó mediante monitoreos tomando 30 plantas al azar con la siguiente relación:

$$ii = \frac{\text{Plantas atacadas}}{\text{Nº total de la muestra}} x100$$

Donde:

ii: Índice de incidencia en porcentaje.

La identificación de las plagas y enfermedades se la hizo a través de la forma de ataque y sintomatología presentada en las plantas. El mayor ataque producido por plagas fue el del Gusano Cogollero *(Spodoptera frugiperda)* mismo que se produjo a los 20 días de la siembra, y luego a los 40 días del primer ataque, esta plaga provocó daños en las hojas.

Para el control se utilizó Clorpirifos en dosis de 1 cm^3 por litro de agua, dando un resultado efectivo y oportuno.

Es necesario señalar que el ataque de plagas no fue significativo en la zona, por lo que no se representaron mayores problemas.

3.5 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Para poder aplicar las láminas a evaluar es necesario disponer de un sistema de riego, que para esta investigación se ha seleccionado al goteo por ser un sistema que permite el control de la cantidad de agua a aplicar con una alta eficiencia.

3.5.1 Información básica para el diseño

Para realizar el diseño del sistema por goteo es necesario efectuar algunas actividades, y es necesario contar con la siguiente información:

Datos del suelo: Área total, pendiente, textura, densidad aparente, textura, Velocidad infiltración básica, constantes hidrofìsicas(CC y PMP), profundidad.

Datos del cultivo: Evapotranspiración real del cultivo, coeficiente del cultivo, fases fenológicas, profundidad radicular, distanciamiento de siembra.

Abastecimiento del agua: Cantidad y calidad.

Prueba de infiltración del agua en el suelo.

Para obtener la Velocidad de infiltración básica del suelo, parámetro muy importante para la selección del gotero, es necesario practicar la prueba de infiltración con el método del cilindro infiltròmetro.

Se utilizó dos cilindros de PVC de una longitud de 50 cm, cuyos diámetros fueron los siguientes: cilindro interno de 160 mm y el externo de 200 mm, a estos se los introdujo en el suelo 20 cm, para su anclaje.

Esta prueba consistió en medir el descenso producido por el agua contenida en los cilindros en función del tiempo, cuyo tiempo de duración de la prueba fue de 120 minutos (ver anexo 10).

Fig. 9 Prueba de infiltración con cilindros infiltròmetros. Garza Real 2013.

Análisis hidrofísico del suelo

Para realizar el análisis de las propiedades hidrofísicas del suelo: capacidad de campo, punto de marchitez permanente, saturación, densidad real y aparente; primeramente se tomaron dos muestras no disturbadas que fueron representativas del terreno, las cuales se llevaron al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Loja para su respectivo análisis (ver anexo 1).

Fig. 10 Toma de muestras no disturbadas. Garza Real 2013.

3.5.2 Diseño agronómico

Se lo realizó aplicando las ecuaciones que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Ecuaciones para el diseño agronómico. Garza Real, 2013.

PARAMETRO	ECUACION	DESCRIPCION
Lámina de agua aprovechable	LAA= (CC-PMP)* Da*Pr*10	LAA: Lámina de agua aprovechable, mm CC: Capacidad de campo del suelo, % PMP: Punto de marchitez permanente del suelo, % Da: Densidad aparente del suelo, g/cc 10: Factor de conversión de unidades
Lámina de agua rápidamente aprovechable	$\mathrm{LARA} = \frac{\mathrm{LAA} * \mathrm{p}}{100}$	LARA: Lámina de agua rápidamente aprovechable, mm p: Máximo porcentaje de agua disponible en el cultivo, % 100: Factor de conversión de unidades
Lámina bruta	Lb= LARA / Efa	Lb: Lámina bruta, mm Efa: Eficiencia de aplicación (para el goteo = 90%)
Caudal máximo del gotero	qmax. = (de*dh*Vib)*1000	Qmax: Caudal máximo del gotero, l/h Vib: Velocidad de infiltración básica del suelo, mm/h de: Espaciamiento entre emisores o goteros, metros dh: Espaciamiento entre laterales o hileras, metros
	Ip= Q gotero (l/h)*100 / (de*dh)*par(%)	Ip: Intensidad de precipitación, mm/h de: Espaciamiento entre emisores o

Intensidad de precipitación	$\mathrm{Par} = \frac{100 * 0.785 * \mathrm{Nep} * \mathrm{d}^2}{\mathrm{Dp} * \mathrm{Dh}}$ d = qe /(0.785*Vib)	goteros, metros dh: Espaciamiento entre laterales o hileras, metros Par: Porcentaje de área bajo riego, %. Qgotero: Caudal del gotero, l/h.
Tiempo de riego	$\mathrm{Tr} = \frac{\mathrm{Lb1} \ldots\ldots, \mathrm{Lb\ lamina4}}{\mathrm{Ip}}$	Lb lámina: Lámina bruta de cada lámina a evaluar desde la 1 hasta la 4, mm Ip: Intensidad de precipitación, mm/h
Frecuencia de riego	$\mathrm{Fr} = \frac{\mathrm{LARA} * \mathrm{Par}}{\mathrm{ETc} * 100}$	Fr: Frecuencia de riego, días LARA: Lámina de agua rápidamente aprovechable, mm Par: Porcentaje de área bajo riego ETc: Evapotranspiración del cultivo, mm/d 100: Factor de conversión de unidades

3.5.3 Diseño hidráulico

Se lo realizó aplicando las ecuaciones que se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Ecuaciones para el diseño hidráulico. Garza Real, 2013.

PARAMETRO	ECUACION	DESCRIPCION
Caudal del lateral	Q Lat.= Q gotero* Nº goteros por lateral	
Diámetro del lateral	$D = \sqrt{4} * \frac{Q}{\pi} * V * 1000$	D= Diámetro interno de la tubería lateral, mm. Q Lat.= Caudal del lateral, m^3/s V= Velocidad en el lateral no debe superar los 2 m/s. π = 3,1416 1000 = Factor de conversión
Perdidas de carga por longitud	$hf = 1{,}21x10^{10}\mathrm{x}(\frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{C}})^{1{,}852}\ \mathrm{x}\ \mathrm{D}^{-4{,}87}\mathrm{x}\ \mathrm{LxF}$ $F(n) = 1/n^{\propto+1}\mathrm{x}\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{i}^{\ \propto}$	hf= Perdidas de carga por longitud, m Q= caudal del lateral, l/s C= Coeficiente de fricción, según el material de la tubería (polietileno C= 140) D = Diámetro interno de la tubería lateral, mm L= Longitud del lateral, m F= Factor de corrección de acuerdo al número de salidas.

		$\propto$= 1,852 n = Numero de salidas Condición: hf < 20% de la presión del emisor. (0,2x 10m = 2m).
Presiones en el lateral	Pi= Pm + 3/4hf H2 = Pm – 1/4hf +- ½ ΔE	Pi = presión al inicio del lateral Pm = presión media del gotero, m.c.a H2 = presión al final del lateral ΔE diferencia de elevación entre la entrada y salida del lateral (+) Cuando el lateral está pendiente arriba (-) Cuando el lateral está pendiente abajo
Diseño de la tubería principal, secundaria y terciaria	$DTerc. = \sqrt{4} * \frac{QTerc.}{\pi} * V * 1000$ $DSec. = \sqrt{4} * \frac{QSec.}{\pi} * V * 1000$ $Dppl = \sqrt{4} * \frac{Qppl}{\pi} * V * 1000$ QTerc= QLat.* Nº Lat. Funcionando simultáneamente QSec= QTerc.* Nº Terc. Funcionando simultáneamente Qppl = QSec * Nº Sec.	D. Terc. , D.Sec. , Dppl. = Diámetro interno de la tubería terciaria, secundaria y principal, respectivamente. QTerc., QSec. , Qppl = Caudal en la tubería terciaria, secundaria y principal, respectivamente. V= velocidad de flujo en la tubería terciaria, secundaria y principal, aproximadamente 2 m/s
Presiones en tubería principal, secundaria y terciaria	HTerc.= Pm + 3/4hf - ΔE Terc. HSec.= Pm + 3/4hf - ΔE Sec. Hppl = Pm + 3/4hf – ΔE ppl.	HTerc , HSec. , Hppl = presión a la entrada de la terciaria, secundaria y principal, respectivamente, m. Pm = presión media del gotero, m.c.a. hf= Perdidas de carga por longitud en tubería terciaria, secundaria y principal, m. ΔE diferencia de elevación entre la entrada y salida de la tubería. (+) Cuando está pendiente arriba (-) Cuando está pendiente abajo
Caudal mínimo requerido	Qmin req. = Qgotero * Nº goteros totales operando	Condición. Qmin req. < Q disponible

3.5.4 Simulación Hidráulica

Realizado el diseño hidráulico se efectuó la simulación hidráulica utilizando el software EPANET 2.O, desarrollado por la Agencia del Medio Ambiente de EE UU- EPA.

La simulación consistió en ubicar dentro del programa los siguientes elementos: fuente de agua como **embalse**, los goteros de salida como **nodos**, y las tuberías principal, secundaria y laterales como **líneas,** para luego analizar el comportamiento de la presión en cada uno de los goteros, así como las pérdidas de carga generadas en el diseño en las redes y poder determinar si existe un adecuado diseño (ver anexo 32).

3.6 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Luego de haber realizado el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego, se procedió a determinar los materiales y accesorios que se necesitaron para la instalación en el campo.

El sistema de riego que se instaló en el área es fijo. Las tuberías principal, secundarias y laterales son de polietileno y están extendidas directamente sobre el terreno.

La fuente de agua proviene de un hidrante que forma parte del sistema de riego presurizado que dispone la granja del INIAP, y el agua a su vez proviene de una entrega del ramal 2C del sistema de riego Zapotillo.

Fig. 11 Instalación del sistema de riego por goteo. Garza Real 2013.

3.7 PRUEBAS DE UNIFORMIDAD DEL SISTEMA

Una vez realizada la instalación del sistema para comprobar si se cumple con los requisitos del proyecto, se procedió a realizar la evaluación de los caudales y presiones en los laterales de riego, para ello se realizaron las siguientes actividades:

- Selección de 4 laterales centrales dentro del ensayo y dentro de cada lateral se tomaron 4 goteros distribuidos al inicio, a 1/3 de distancia, a 2/3 de distancia y al final del lateral, lo que dio un total de 16 emisores a evaluar(ver figura 12).

- Se ubicó una probeta graduada de 30 ml, en cada uno de los emisores y medir la cantidad de agua receptada durante 1 minuto de funcionamiento del sistema.

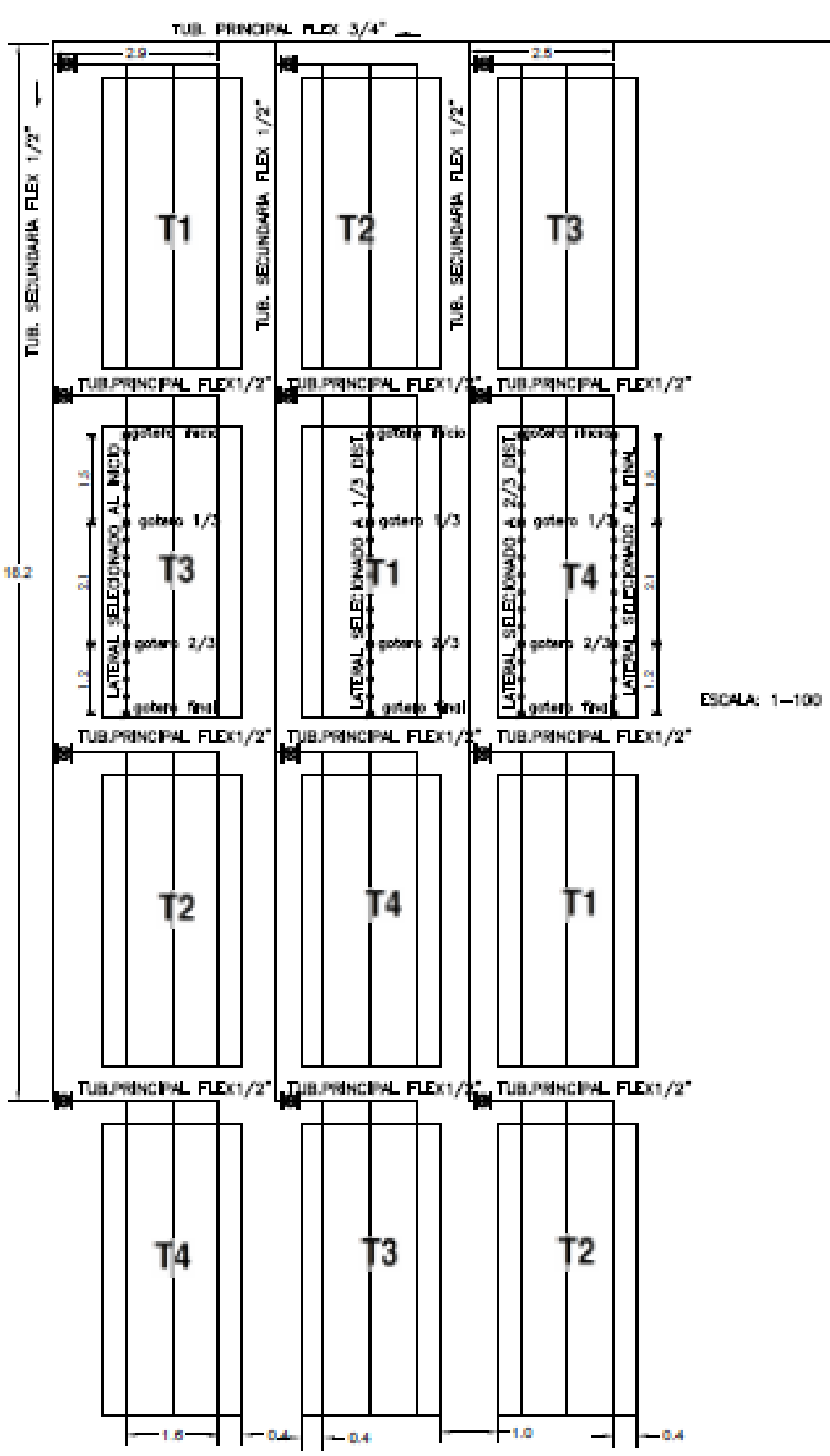


Fig. 12 Esquema de evaluacion de uniformidad del sistema de riego por goteo

Created with nitroPDF professional

Determinación de la presión en el lateral al pie del gotero, utilizando un manómetro, con un acople que perfora la tubería.

- Aplicación de las siguientes ecuaciones resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 3. Aplicación de ecuaciones en la evaluación del sistema. Garza Real, 2013.

Tiempo en minutos = Tiempo que dura la captación de agua en los emisores.
H (emisor) = Presión nominal de trabajo del emisor.
K (emisor) = Coeficiente del emisor.
X (emisor) = Exponencial del emisor.

Los fabricantes deben suministrar estos datos, en caso que tengamos datos tabulados o grafico "K" y "X" se determinan:

$$x = \frac{\ln(q1/q2)}{\ln(h1/h2)}$$

Donde q1, q2, h1 y h2 son los caudales (L/H) y las presiones (mca) de dos puntos de trabajo de un emisor.

$$K = \frac{q_1}{h_1^x}$$

En caso de emisores autocompensantes X = 0 y K = q

Resultados.

qm = Caudal medio de todos los emisores evaluados.
qmb = Caudal medio de los cuatro valores más bajos.
CU = Coeficiente de uniformidad de los caudales de la subunidad.
pm = Presión media medida de todos los puntos evaluados.
pmb = Presión media de los cuatro valores más bajos.
CUP = Coeficiente de uniformidad de las presiones.
CUa = Coeficiente de uniformidad absoluto.
CVe = Coeficiente de variación de los emisores.

En el cuadro final se da el diagnostico de los resultados de la evaluación, de las posibles causas que afectan la uniformidad, la presión o el caudal.

3.8 MANEJO DEL RIEGO EN EL ENSAYO

La determinación de las necesidades de agua a reponer al cultivo, consistió en calcular la cantidad de agua que se fue perdiendo diariamente, la que se acumuló durante tres días, y luego reponerla mediante el riego.

Para obtener la lámina de reposición **para la programación y manejo del riego**, se utilizó el tanque evaporímetro clase “A”, que se encuentra ubicado en la estación meteorológica del INAMHI, a una distancia de 200 m del ensayo.

Luego de obtenida la evaporación del tanque se aplicó la siguiente ecuación.

$$\mathrm{ETc} = \mathrm{ET\ (C.A)} * \mathrm{Kt} * \mathrm{Kc}$$

Donde:

ETc: Evapotranspiración del cultivo calculada con el tanque clase A.

ET (C.A): Evaporación medida en el tanque clase A, mm/d.

Kt: Coeficiente de tanque (0,6-0,8), en función del clima y la cobertura del terreno (ver anexo 31).

Kc: Coeficiente del cultivo de maíz, según la fase fenológica, tal como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 4. Coeficientes de cultivo (Kc) en diferentes fases de desarrollo. Garza Real, 2013.

	FASES DE DESARROLLO			
CULTIVOS	**INICIAL**	**DESARROLLO DEL CULTIVO**	**MEDIADOS DEL PERIODO**	**FINALES DEL PERIODO**
Maíz dulce	0,3-0,5	0,7-0,9	1,05-1,2	1,0-1,15
Maíz grano	0,3-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	0,75-0,85
Maní	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,75-0,85
Frejol fresco	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9-0,95
Frejol seco	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75

Fuente: Manual 56 de la FAO
Elaboración: El autor

3.9 METODOLOGÍA PARA EL PRIMER OBJETIVO

Determinar la mejor lámina de riego según la evaporación de tanque clase A.

Mediante conversaciones con los productores de maíz y técnicos del INIAP acerca de las variedades que se vienen cultivando en la zona, se eligió a la variedad INIAP 182.

3.9.1 Implementación del ensayo experimental

En la presente investigación se utilizó un esquema de bloques al azar con cuatro tratamientos (láminas de riego) y tres repeticiones aplicadas al cultivo de maíz.

Para comparar los promedios de los tratamientos se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5% de significación.

El modelo matemático utilizado fue el siguiente:

$$Yij = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Yij: Observación en la unidad experimental sujeta al i-esimo nivel de factor de láminas de riego y k-esima replica.

μ: Promedio del ensayo

$\alpha_{i:}$ Efecto del i-esimo nivel de lamina de riego

$\beta_{j:}$ Efecto del j-esimo bloque o replica

$\varepsilon_{ij:}$ Valores de variables aleatorias independientes que presenten distribución normal con media cero y varianza común.

Hipótesis estadística

- **Para las láminas de riego**

Ho= Las láminas de riego no difieren estadísticamente

H1= Al menos dos tipos de láminas de riego difieren estadísticamente

- **Para las réplicas**

Ho= Las réplicas no difieren estadísticamente

H1= Al menos dos de las réplicas difieren estadísticamente

Factores y niveles de estudio

Para analizar el comportamiento agronómico del cultivo de maíz, se suministraron cuatro láminas de riego según la evapotranspiración del cultivo calculada.

TRATAMIENTO	CODIGO	DESCRIPCION
1	T1	T1= 75% de la ETc (calculada)
2	T2	T2= 100% de la ETc (testigo)
3	T3	T3= 125% de la ETc(calculada
4	T4	T4= 150% de la ETc(calculada)

Cabe mencionar que se instaló una parcela comparativa de 100 m^2 (10x10m), la misma que recibió el mismo tratamiento que el ensayo, excepto el riego; ya que se lo realizó a la misma frecuencia con el método por surcos, donde el agua se llevó a través de una manguera, tal como lo realiza el agricultor de la zona.

Especificaciones del ensayo experimental

Numero de tratamientos: 4
Número de repeticiones: 3
Número de bloques: 3
Unidades experimentales: 12
Distancia entre hileras, m: 0,8
Número de hileras por unidad experimental: 4
Número total de hileras: 4
Distancia entre plantas, m: 0,3
Número de plantas por unidad experimental: 68
Número de plantas por bloque: 272
Área del bloque, m^2: 48
Número total de plantas: 816
Área total del diseño, m^2: 144

En la figura 13 se presenta el esquema de distribución del riego por goteo, así como la distribución de los tratamientos del diseño experimental.

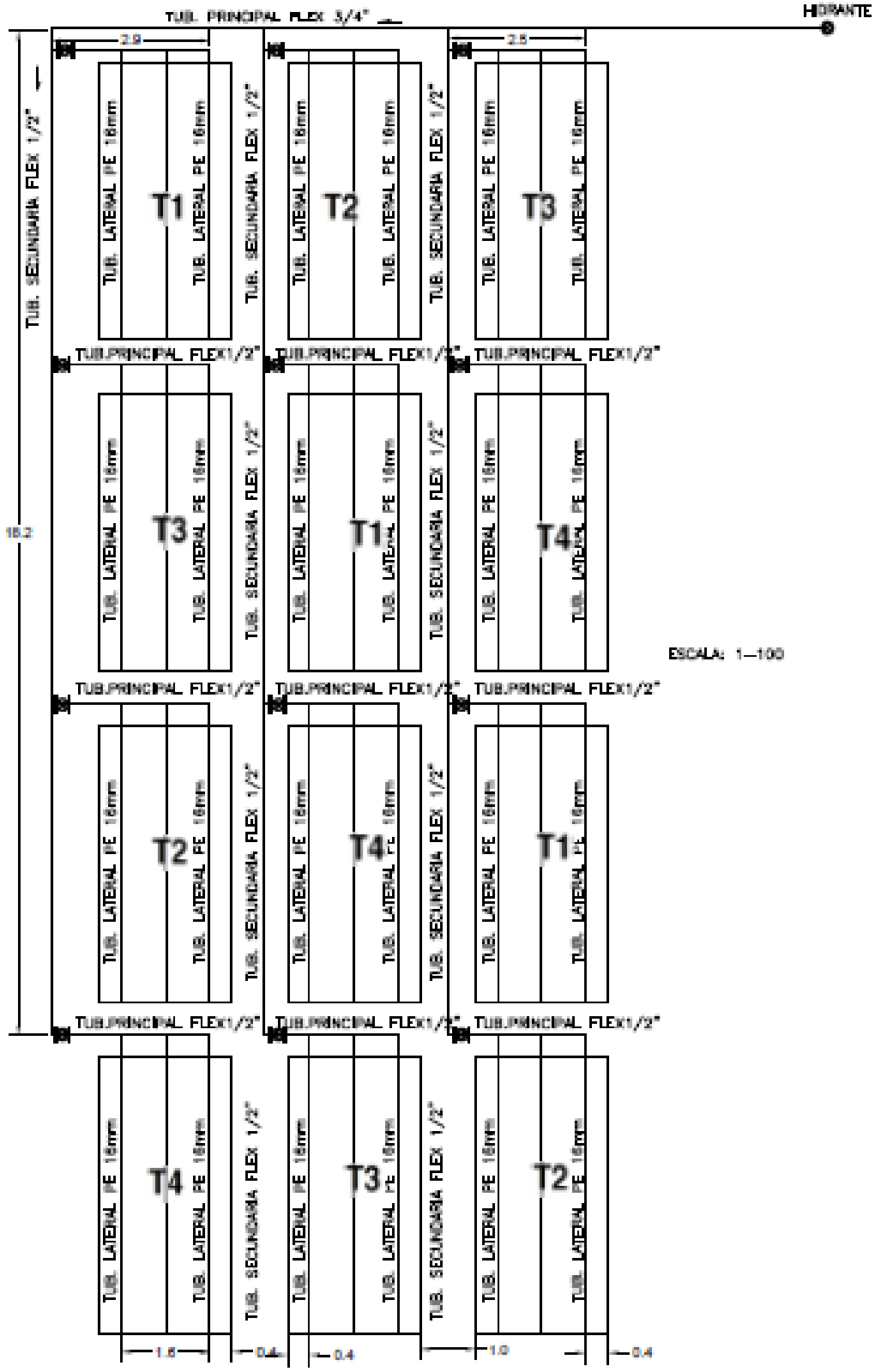


Fig. 13 Esquema de distribucion del sistema de riego por goteo

Created with nitro PDF professional

3.9.2 Descriptores agronómicos

Para determinar cuál de los tratamientos, presentó mayor incidencia en la producción del cultivo de maíz, se evaluaron los siguientes descriptores agronómicos e indicadores:

Altura de la planta.- Se tomaron cinco plantas al azar por cada tratamiento las que se marcaron y se fue midiendo la altura cada ocho días hasta cuando ya se detuvo el crecimiento.

Número de hojas.- Así mismo se tomaron cinco plantas al azar por cada tratamiento las que se marcaron desde el momento de la aparición de la primera hoja, y luego se contabilizaron el numero de hojas que iban apareciendo cada día, esto hasta llegar a tener el 50 % del aparecimiento de todas.

Diámetro del cuello.- A las plantas seleccionadas anteriormente se les midió el diámetro del cuello cada ocho días, hasta cuando se detuvo dicho crecimiento.

Profundidad radicular.- Cada treinta días Se tomaron cinco plantas en cada tratamiento, mismas que se extrajeron del suelo, y medirles la longitud radicular.

Otros Descriptores agronómicos

En el día de la cosecha del maíz, se tomaron los datos referentes a los siguientes descriptores agronómicos (ver anexo 8).

***Acame de raíz.-** Número de plantas en cada parcela con una inclinación menor a 45º, ángulo formado por la horizontal del suelo y la vertical de la planta.

***Acame del tallo.-** Número de plantas quebradas bajo la mazorca superior, en cada una de las parcelas.

Altura de mazorca.- Distancia desde el cuello de la planta hasta el nudo donde nace la mazorca superior. Para ello se tomaron cinco plantas al azar por cada tratamiento

Longitud de la mazorca.- Se tomaron cinco mazorcas al azar por cada tratamiento y se midió la longitud.

Diámetro de la mazorca.- Se seleccionó cinco mazorcas al azar por cada tratamiento y se determino el diámetro de la mazorca.

3.9.3 Rendimiento y rentabilidad del cultivo

Rendimiento

El rendimiento consistió en determinar la producción de maíz obtenida el día de la cosecha, la que se realizó el día 20 de enero a los 115 días después de la siembra en cada uno de los tratamientos, y poder determinar con cuál de las láminas evaluadas se obtiene el mejor rendimiento.

Para ello se realizó un evento de evaluación el que fue desarrollado el día 20 de enero a partir de las 08HOO, y al que asistieron dos técnicos del INIAP y 10 productores de maíz de la zona de Garza Real.

Dentro de este evento se siguió el siguiente procedimiento:

- Primeramente se tomaron algunos datos opcionales a la tesis, requeridos por el INIAP tales como el acame de raíz, altura de la mazorca en la planta, longitud y diámetro de mazorca.

Fig. 14 Toma de datos de los descriptores agronómicos. Garza Real 2013.

- Se escogieron los dos surcos centrales de cada parcela para ser evaluados.

- Cosecha de los dos surcos centrales

- Desgrane de las mazorcas cosechadas

Fig. 15 Desgrane de mazorcas. Garza Real 2013.

- Determinación del contenido de humedad del grano utilizando un medidor de humedad digital

Fig. 16 Medición del contenido de humedad. Garza Real 2013.

- Pesado para la determinación del peso de campo.

Fig. 17 Obtención del peso de campo. Garza Real 2013.

- Obtención del índice de materia seca:

$$\text{Materia seca} = \frac{100 - \text{Cont. Humedad del grano}}{100}$$

- Determinación del coeficiente de desgrane a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Desgrane} = \frac{\text{Grano solo (kg)}}{\text{Peso total del grano y tusa (kg)}}$$

- Determinación del área evaluada de la parcela, con la siguiente fórmula:

$$\text{AEP} = [(\text{Long. Parcela} + (\text{EP}/2)) * \text{DS}] * \text{numero de surcos}$$

Donde:

AEP= area evaluada de la parcela, m^2

EP= espaciamiento entre plantas, m.

DS= espaciamiento entre surcos o entre filas, m.

- Determinación del rendimiento de cada uno de los tratamientos utilizando la ecuación:

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{Peso campo (kg)} * \text{Materia seca} * \text{Desgrane} * 1000}{(100 - 13\%) * \text{AEP(m2)}}$$

Donde:

1000= factor de conversión de unidades

100= factor de humedad del grano

13 %= contenido de humedad optima de almacenamiento del grano

Esta actividad se la hizo tanto con los tratamientos así como con la parcela testigo que se había plantado como sugerencia de los técnicos del INIAP.

Rentabilidad

Para determinar la rentabilidad del cultivo fue necesario el cálculo del indicador económico, relación beneficio/costo, la que se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Relación Beneficio/costo} = \frac{\text{Ingreso Bruto}}{\text{Costos producción}}$$

El costo de producción obtenida para una hectárea de maíz, se indica en los anexos 15 a 19.

3.10 METODOLOGÍA PARA EL SEGUNDO OBJETIVO

Obtener el coeficiente "Kc" de uso consuntivo del cultivo de maíz duro *(Zea mays).*

Según la FAO (2006, manual 56), la ETc se puede encontrar en base a la siguiente ecuación:

$$\text{ETc} = \text{ETo} * \text{Kc}$$

ETc: Evapotranspiración real del cultivo, mm/d
ETo: Evapotranspiración del cultivo de referencia, mm/d
Kc: Coeficiente del cultivo

Consecuentemente, el coeficiente de cultivo Kc se expresa mediante la siguiente relación:

$$Kc = ETc/ETo$$

3.10.1 Determinación de la ETc, a través de la Parcela experimental

El método de la parcela experimental consiste en calcular la cantidad real de agua que consume el cultivo, tomando en cuenta las entradas (aportes) frente a las salidas o consumos de agua, que se producen en el suelo, cuya metodología se describe a continuación.

Método del balance de humedad

Se tomaron muestras de suelo utilizando un barreno de tornillo en cada uno de los tratamientos, para obtener una muestra representativa por cada uno.

Las muestras fueron recogidas, **después de dos horas realizado el riego, y antes de realizar el próximo riego; es decir al primero y cuarto día**.

La profundidad del muestreo se realizó según las etapas de desarrollo del cultivo, aplicando la ecuación, descrita por Norero (1976), citado por Grassi (1985):

$$DX1 \ldots DX4 = 1{,}8(t/tc)*[1{,}5-(t/tc)]*D$$

Donde:
DX1: Variación de la profundidad radicular para la etapa inicial, cm
DX2: Variación de la profundidad radicular para la etapa de desarrollo del cultivo, cm
DX3: Variación de la profundidad radicular para la etapa de mediados del cultivo, cm

DX4: Variación de la profundidad radicular para la etapa final del cultivo, cm
t: Tiempo al que se desea conocer la variación de la profundidad, días
tc: Tiempo total del ciclo vegetativo, días
D: Prof. Total de las raíces del cultivo, m

Los valores de profundidad radicular total del cultivo, la duración total del cultivo; así como de cada una de las fases fenológicas se los adoptó de las recomendaciones que ofrece el manual 56 de la FAO, ya que no se disponían de datos reales al iniciar la investigación.

Fig. 18 Obtención de muestra para el balance hídrico. Garza Real 2013.

Determinación del contenido de humedad del suelo

Se realizó mediante el método gravimétrico, utilizando una estufa a temperatura de 105 ºC, por un periodo de 48 horas, y aplicando la siguiente ecuación:

$$\theta W = [(Wh-Ws)/Ws)]*100$$

Donde:
ϴW: Porcentaje de humedad en base a peso seco del suelo
Wh: Peso húmedo de la muestra, gramos
Ws: Peso seco de la muestra, gramos

Fig. 19 Pesado de muestra de suelo. Garza Real 2013.

Determinación del consumo de agua del cultivo (ETc)

Primeramente se elaboró el balance hídrico de la parcela experimental utilizando las siguientes ecuaciones:

- **Cálculo de las entradas o aportes (2 horas después del riego):**

$Ri = 100 \times per \times Da \times \%\Theta$

Entrada total = Ri + precipitación ocurrida (m^3/ ha) + riego aplicado (m^3/ ha)

Donde:

Ri= reserva inicial de humedad del suelo, m^3/ ha

%Ɵ= Contenido de humedad en base a volumen, %(antes y después del riego)

Per= profundidad radicular, varia con el crecimiento del cultivo, m

Da= Densidad Aparente del suelo, g/cc

- **Cálculo de las salidas (2 horas antes del riego):**

$Rf(salida) = 100 \times per \times Da \times \%\Theta$

Donde:

Rf= reserva final de humedad del suelo o también salida, m^3/ ha

- **Cálculo del consumo de agua:**

$$\mathrm{ETC} = \left[\frac{\mathrm{Entradas} - \mathrm{Salidas}}{10}\right] / \mathrm{Fr}$$

Donde:

ETC = uso consuntivo, mm/día

Entradas y salidas, m^3/ha

10= factor de conversión

Fr = frecuencia de riego, días

3.10.2 Determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia, método del lisímetro

Instalación del lisímetro

Se construyó una calicata donde se instaló un lisímetro metálico (construido de un tanque cilíndrico de 55 galones), con un orificio de 5 cm de diámetro, donde se colocó un tubo de drenaje que conduce hasta el tanque de recolección, de 50 cm de longitud.

Luego se hizo la preparación del suelo donde se colocó el lisímetro enterrándolo a nivel del suelo, ubicándolo en el extremo izquierdo del lote del ensayo. En el fondo del lisímetro se colocó capas de 5 cm de piedrilla, grava y arena, luego se ubicaron los horizontes de suelo, en el orden correspondiente.

En el lisímetro se sembró pasto de la especie Sudan, como cultivo de referencia, el mismo que se lo mantuvo a una altura de 15 cm.

Fig. 20 Instalación del lisímetro. Garza Real 2013.

Funcionamiento del lisímetro

Para el control de la humedad en el lisímetro, primeramente se saturó el suelo con una regadera manual hasta que empezó a drenar el agua, estimándose que aquí se encontró a capacidad de campo, entonces se registró la cantidad consumida por el cultivo de referencia dentro del lisímetro.

El riego en el lisímetro se aplicó cada tres días y a la misma hora, registrando la reposición y el drenaje denominado al final como evapotranspiración del cultivo de referencia, y calculado por medio de las siguientes ecuaciones:

$$\mathrm{ETo} = \frac{(Qe - Qs)/3}{\text{Area del lisimetro}(\mathrm{m}^2)}$$

Donde:

ETo: Evapotranspiración potencial (mm/día), del lisímetro con pasto Sudan.

Qe: Volumen de entrada, riego, litros

Qs: Volumen de salida, drenaje, litros

Como: 1 litro/m^2 = 1mm, entonces el resultado se expresa directamente en lámina (mm).

Fig. 21 Recolección del agua de drenaje del lisímetro. Garza Real 2013.

Determinación del coeficiente del cultivo de maíz

Para la determinación del coeficiente del cultivo Kc para el cultivo de maíz, se utilizó la siguiente relación:

$$ETc = ETo \times Kc$$

Entonces despejando:

$$\mathbf{Kc = ETc/ETo}$$

Donde:

ETc: Evapotranspiración del cultivo, obtenida por el método de la parcela experimental, mm/d

ETo: Evapotranspiración del cultivo de referencia (pasto Sudan), medido en el lisímetro, mm/d

Kc: Coeficiente del cultivo del cultivo de maíz, para cada una de las fases de desarrollo.

3.11 METODOLOGÍA PARA EL TERCER OBJETIVO

Validar la utilización de un tanque evaporímetro artesanal para el manejo tecnificado del riego.

Consistió en ubicar un recipiente de pintura de 20 litros de capacidad, al mismo que se incorporó en su interior una cinta métrica, y sobre ésta en el nivel cero se le practicó un orificio en la pared, el que sirve para encerar, y que el agua de exceso escurra por el mismo.

El propósito es validar el recipiente de evaporación casero, para futura utilización por parte del agricultor en el manejo tecnificado del riego.

Fig. 22 Tanque evaporímetro artesanal. Garza Real 2013.

Este recipiente se lo ubicó al lado del tanque evaporímetro Clase “A”, para su calibración.

Se tomaron lecturas diarias de evaporación, tanto del tanque artesanal así como del tanque clase A, para luego realizar un análisis de correlación que permita obtener un coeficiente de ajuste Kj:

ET(Artesanal) = Kj* ET(Clase A)

Kj= ET (Artesanal)/ ET (Clase A)

Donde:

Kj= Coeficiente de calibración

Fig. 23 Tanque casero ubicado al lado del tanque clase "A". Garza Real 2013.

3.11.1 Determinación de la evapotranspiración potencial (ETP) por el método de Tornthwaite

El método consiste en realizar los siguientes cálculos:

$E= 16*(10*tm/I)^{a}$; (Almorox, 2009)

Donde:

E= Evapotranspiración mensual sin ajustar, mm/mes

tm= Temperatura media mensual, ºC

I= Índice de calor anual

$I= \Sigma ij$; j=1,…,12

Que se calcula a partir del índice de calor mensual, i, como suma de los doce índices de calor mensuales: $i_j=(tm_j/5)^{1,514}$

a: $0,000000675*I^3 – 0,0000771*I^2 + 0,01792*I + 0,49239$

Para valores de temperatura mensual superiores a 26,5 ºC, la ETP sin ajustar se obtiene directamente de la siguiente tabla:

Tabla 5. Valores fijos evapotranspiración potencial. Garza Real, 2013.

t ºC	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
E(mm/mes)	140	148	155	162	168	173	177	180	183	184	185	186

Fuente: Almorox 2009
Elaboración: El autor

Para valores de temperatura menores a 26,5 ºC, se sigue el procedimiento normal:

ETP= (E*L)/N

Donde:

ETP= Evapotranspiración potencial, mm/día

L= Factor de corrección del número de días del mes, y la duración astronómica del día, valores que se ubican en el anexo 20.

N= Numero de días del mes correspondiente

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÒN

4.1 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL SUELO

Luego de realizado el análisis físico químico y de fertilidad por el laboratorio de suelos y aguas del INIAP, se obtuvieron los siguientes resultados

Cuadro 1. Características físico-químicas del suelo del ensayo. Garza Real, 2013.

CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS												
Clase textural	**pH**	**CE (m mhos/cm)**	**N(ppm)**	**P_2O_5(ppm)**	**K_2O(meq/100ml)**	**MO (%)**	**Ca**	**Mg**	**Fe**	**Cu**	**Zn**	**Mn**
							meq/100ml)		**ppm**			
Arcilloso	6,99	0,6	30,06	62,24	1,14	2,93	11,92	3,5	33,2	3,8	0,61	8,9

CARACTERISTICAS HIDROFISICAS				
Saturación(% peso)	**Capacidad campo 1/3 atm. (% peso)**	**Punto marchitez permanente 15 atm. (% peso)**	**Densidad aparente(g/cc)**	**Agua aprovechable(% peso)**
29,2	24,75	10,65	1,45	15,65

El análisis de las constantes hidrofisicas se lo realizó en el laboratorio de suelos del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, cuyos resultados evidencian que se trata de un suelo de textura fina: arcillosa con una buena capacidad de retención y disponibilidad de agua para el cultivo, además se trata de un suelo neutro, condición esencial para que se realicen efectivamente las reacciones químicas dentro del suelo, y los elementos se encuentren mas disponibles para las plantas, además por ser un suelo no salino según el análisis de la Conductividad eléctrica.

Este suelo posee un bajo contenido de materia orgánica, por estar ubicado en una zona de alta temperatura con una alta actividad de los microorganismos, el contenido del nitrógeno es medio, y el fosforo y potasio es muy alto, lo que permite deducir que se trata de un suelo con un buen nivel de fertilidad.

Cuadro 2. Recomendaciones de fertilización para el ensayo. Garza Real, 2013.

Requerimientos del cultivo de maíz		Fertilizante	Dosis fertilizante(Kg/ha)	Cantidad aplicada en el ensayo(Kg)	Fecha de aplicación
Nutriente	(ppm)				
N	120,06	10-30-10	133,0	1,92	05-Oct-12
P205	82,24	Muriato de potasio	43,0	0,62	05-Oct-12
K20	464,6	Urea	134,41 134,41	1,94 1,94	25-Oct-12 30-Nov-12

Realizado el cálculo de fertilización se aplicó al suelo, como fertilización de base 1,92 Kg (133 Kg/ha) de 10-30-10 y 0,62 Kg (43 Kg/ha) de muriato de potasio, cuando se cumplieron cinco días desde la siembra. La fertilización Pos siembra se la hizo a través de urea en dos aplicaciones de 1,94 kg (134,41 Kg/ha) después de 25 y 60 días desde la siembra, como se muestra en el cuadro 2.

4.2 INFILTRACIÓN DE AGUA EN EL SUELO

En el anexo 10 se presentan los datos de campo de la prueba de infiltración en el terreno, y la determinación de de la velocidad de infiltración básica, ecuaciones de lamina acumulada y tiempo básico, mediante el método analítico.

Ecuación de Infiltración acumulada:

I cum= mm ; t=min $0,7278\ T^{0,461}$

Ecuación de Velocidad de infiltración:

Vi= mm/h ; t=min $194,5\ T^{-0,538}$

Tiempo básico(min): 323,23

Vib (mm/h): 8,65

Interpretación: Moderadamente lenta

La velocidad de infiltración, está en función de la textura y estructura del suelo, del contenido de humedad y de las labores culturales: agrietamiento compactación etc; por ello en este caso se cuenta con una velocidad de infiltración baja o moderadamente lenta ya que se tiene un suelo arcilloso, cuyas partículas no permiten el ingreso rápido del agua, y además porque se trata de un suelo donde no se ha cultivado desde hace un año.

4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

4.3.1 Información requerida para el diseño

A continuación se presentan los datos que se utilizaron para el diseño del sistema de riego por goteo en el ensayo de la Granja Experimental del INIAP en Garza Real, datos que fueron obtenidos en pruebas de campo, así como del análisis de laboratorio.

Cuadro 3. Información básica para el diseño del sistema de riego por goteo. Garza Real, 2013.

Datos del cultivo		Datos del suelo	
Cultivo:	Maíz	Textura:	Arcillosa
Profundidad radicular(m):	0,70	Capacidad de campo, %:	24,75
Kc según la fase de desarrollo: 0.5; 0.7 ; 1.05 ; 0.8		Punto Marchitez Permanente, %:	10,65
		Densidad Aparente, g/cc:	1,45
		Saturación, %:	29,2
		VIB, mm/h:	8,65
		pH:	6,99
		Altitud, m.s.n.m:	223
		Área del terreno, m^2	144
		Pendiente, %:	1
		ETmax, mm/d:	4,8

Elaboración: El autor. 2013.

4.3.2 Diseño agronómico

Cuadro 4. Diseño agronómico del sistema de riego por goteo. Garza Real, 2013.

ETC Max(mm/d)	LAA(mm)	LARA(mm)	Lb (mm)	Par (%)	Q Max. Gotero(L/H)	Ip(mm/h)	Fr(días)	Tr (horas)	Diámetro gotero(m)
5,04	143,11	71,55	79,50	147,52	2,076	4,94	20	16	0,67

Elaboración: El autor. 2013.

La evapotranspiración máxima del cultivo de maíz, determinada por el Método de Tornthwaite es de 5,04 mm/d, correspondiente al mes de febrero; la lámina de agua rápidamente aprovechable corresponde a 71,55 mm y la lámina bruta a 79,50 mm. Según las propiedades físicas del suelo, es pertinente seleccionar un gotero que tenga un caudal máximo de 2,076 l/h, para que no se produzca el encharcamiento del suelo, así mismo la frecuencia de riego bajo estas condiciones es de 20 días con tiempo de aplicación del agua de 16 horas.

4.3.3 Diseño hidráulico

Cuadro 5. Características técnicas de la línea de goteo. Garza Real, 2013.

Tipo de gotero	Caudal(l/h)	Presión(mca)	Diámetro humedecimiento(m)	Disposición(m)	IP(mm/h)
Netafim Tiphoon 1650	1,75 - 2,44	10-20	0,67	0,8x0,3	4,94

Elaboración: El autor. 2013.

En el cultivo de maíz se utilizó la línea de goteo de Netafim del modelo Tiphoon 1650, misma que necesita para su funcionamiento presiones que van desde los 10 hasta los 20 metros de columna de agua ubicada a una distancia de 0,80 metros entre laterales y a 0,30 m entre goteros.

Cuadro 6. Diseño hidráulico de la tubería lateral. Garza Real, 2013.

Presión servicio del emisor (mca)	Hf Max. Permis.(m)	Long. Del Lateral(m)	Nº Emisores/lateral	Caudal del emisor(l/h)	Caudal del lateral (l/h)	Diámetro Lateral(mm)	Hf Lat.(m)	V(m/s)	H al Inic.(mca)	H al Fin.(mca)
10-20	4	5	17	1,75	29,75	16	0,0011	0,04	20,0	19,95

Elaboración: El autor. 2013.

En este cuadro se presenta las pérdidas de carga por longitud y la velocidad de flujo de los laterales, cuyos valores están dentro de las normas permitidas.

El diámetro de la tubería lateral o línea de goteo es pequeño debido a que el caudal conducido es mínimo, y es el que existe en el mercado, así mismo las pérdidas son insignificantes por tratarse de un lateral de corta longitud, lo que indica que se requiere una presión al inicio del lateral de 20 m.c.a, para el funcionamiento de los goteros.

Cuadro 7. Diseño hidráulico de la tubería terciaria o abastecedora. Garza Real, 2013.

Caudal del lateral (L/h)	Nº de laterales/Terc.	Caudal total del Terc. (L/h)	Diámetro Sec.(mm)	Longitud del Terc. (m)	Hf Terc.(m)	V(m/s)	H al Inic.(mca)
29,75	3	89,25	20	2,9	0,003	0,14	20,0

Elaboración: El autor. 2013.

Cuadro 8. Diseño hidráulico de la tubería secundaria. Garza Real, 2013.

Caudal del Terciario (L/h)	Nº de Terc/Sec.	Caudal total del Sec. (L/h)	Diámetro Sec.(Pulg)	Longitud del Sec. (m)	Hf Sec.(m)	V(m/s)	H al Inic.(mca)
89,25	4	357	20	18,2	0,33	0,56	20,06

Elaboración: El autor. 2013.

Cuadro 9. Diseño hidráulico de la tubería principal. Garza Real, 2013.

Caudal del Secundario (L/s)	Nº de Sec./Ppl.	Caudal total del Ppl. (L/h)	Diámetro Ppl.(mm)	Longitud del ppl. (m)	Hf Ppl.(m)	V(m/s)	H al Inic.(mca)
0,1	3	0,3	25	9,3	0,29	0,95	20,22

Elaboración: El autor. 2013.

El diseño de la tubería terciaria, secundaria y principal cumple con todas las normas de velocidad y pérdidas de carga permisibles permitidas por la hidráulica para el normal funcionamiento del sistema de riego.

Como se puede apreciar la presión que se debió dar en la entrada de la tubería principal es de 20,22, para que el sistema de riego funcione adecuadamente.

Cuadro 10. Operación del sistema de riego por goteo. Garza Real, 2013.

Tipo de sistema de riego	Nº total de laterales funcionando	Nº total de goteros funcionando	Caudal mínimo req. en el sistema riego(l/s)
Fijo	36	612	0,3

Elaboración: El autor. 2013.

Para la operación del sistema de riego, se ha considerado la disponibilidad actual del recurso hídrico que es de 3,0 l/s (aforado en el hidrante del sistema de riego presurizado de la granja experimental).

El sistema de riego es de tipo fijo debiéndose operar inicialmente todas las 12 válvulas correspondientes a todas las parcelas experimentales, y una vez que se aplican cada una de las láminas, se van cerrando, hasta cumplir con el tiempo de reposición del agua al cultivo (llegar a regar todas las parcelas).

4.4 SIMULACION HIDRAULICA DEL SISTEMA DE RIEGO

Cuadro 11. Resultados de la simulación del sistema de riego por goteo. Garza Real, 2013.

Descarga del Gotero(L/min)	Presión mínima de los goteros evaluados(m)	Presión máxima de los goteros evaluados(m)	Perdida de carga Max de los laterales de riego evaluados(m/Km)	Caudal del lateral(L/min)	Caudal de Tub. abast(L/min)	Caudal de Tub. Sec.(L/min)	Caudal de Tub. Ppl(L/min)	Perdida de carga Max. De tuberías abastecedoras (m/Km)	Perdida de carga tubería principal(m/Km)
0,03	24,73	24,91	0,06	0,496	1,49	5,95	18	0,84	38,31

Elaboración: El autor. 2013.

Del cuadro 11 se puede apreciar que existe una variación de 0,18 m entre el gotero que trabaja a una mayor y menor presión, lo que indica que existe un buen diseño que permite contar con una distribución uniforme de caudales. Así mismo las pérdidas de carga en las tuberías cumplen con las normas de diseño (perdidas máximas: en laterales 20 % de la presión del emisor; y abastecedoras 7 m). Los resultados totales se presentan en el anexo 32.

4.5 PRUEBAS DE UNIFORMIDAD DEL SISTEMA

Cuadro 12. Resultados de la evaluación de uniformidad del sistema de riego por goteo. Garza Real, 2013.

Caudal medio de todos los emisores evaluados(L/H)	Caudal medio de los 4 valores más bajos(L/H)	Presión media de todos los puntos evaluados(m)	Presión media de los 4 valores más bajos(m)	Coeficiente uniformidad de presiones (%)	Coeficiente uniformidad absoluto (%)	Coeficiente uniformidad de los caudales de la sub unidad (%)
1,65	1,58	18,88	18	95,36	95,14	95,67

Elaboración: El autor. 2013.

El sistema de riego instalado cuenta con un buen diseño, ya que se ha obtenido un elevado coeficiente de uniformidad absoluto, mismo que corresponde a 95,14, superior al valor utilizado para el diseño, correspondiente al valor de 90. Con mayor profundidad se pueden observar los resultados en el anexo 33.

4.6 PROGRAMACION DEL RIEGO

La lámina de reposición de agua al cultivo se la determinó en base a la evapotranspiración del tanque evaporímetro clase “A”, tal como se indica en el siguiente ejemplo:

Datos:

ET(C.A): 6,44 mm/d, obtenida el 28 de septiembre del 2012.
Kt: 0,75(anexo 31)
Fase de desarrollo del cultivo: Inicial; Kc: 0,5(cuadro 2)

Aplicando los datos en siguiente ecuación:

ETc= ET (C.A)* Kt*Kc

ETc= 6,44* 0,75*0,5

ETc= 2,41 mm/d

La programación y manejo del riego se hizo en función de los resultados obtenidos, de la manera como se indico en el anterior ejemplo, mismos que se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 13. Láminas de reposición para el ensayo. Garza Real, 2013.

FECHA	ET(CA) (mm/d)	Kt	ETAPA DE DESARROLLO	DURACION ETAPA	ETo(mm/d)	KC	ETc(mm/d)
28/09/2012	6,44	0,75	ETAPA INICIAL	25 DIAS	4,83	0,50	2,41
02/10/2012	8,19	0,75	ETAPA INICIAL	25 DIAS	6,14	0,50	3,07
06/10/2012	8,38	0,75	ETAPA INICIAL	25 DIAS	6,29	0,50	3,14
10/10/2012	7,50	0,75	ETAPA INICIAL	25 DIAS	5,63	0,50	2,81
14/10/2012	7,69	0,75	ETAPA INICIAL	25 DIAS	5,77	0,50	2,88
18/10/2012	7,75	0,75	ETAPA INICIAL	25 DIAS	5,82	0,50	2,91
22/10/2012	6,69	0,75	ETAPA INICIAL	25 DIAS	5,02	0,50	2,51
26/10/2012	5,69	0,75	ETAPA DE DESARROLLO	15 DIAS	4,27	0,70	2,70
30/10/2012	8,06	0,75	ETAPA DE DESARROLLO	15 DIAS	6,05	0,70	4,23
03/11/2012	8,13	0,75	ETAPA DE DESARROLLO	15 DIAS	6,10	0,70	4,26
07/11/2012	7,00	0,75	ETAPA DE MEDIADOS	30 DIAS	5,25	1,05	3,68
08/11/2012	6,00	0,75	ETAPA DE MEDIADOS	30 DIAS	4,50	1,05	4,73
09/11/2012	9,25	0,75	ETAPA DE MEDIADOS	30 DIAS	6,94	1,05	7,28
10/11/2012	8,75	0,75	ETAPA DE MEDIADOS	30 DIAS	6,56	1,05	6,89
11/11/2012	8,00	0,75	ETAPA DE MEDIADOS	30 DIAS	6,00	1,05	6,30
11/11/2012	8,00	0,75	ETAPA DE MEDIADOS	30 DIAS	6,00	1,05	6,30
15/11/2012	7,81	0,75	ETAPA DE MEDIADOS	30 DIAS	5,86	1,05	6,16
19/11/2012	7,06	0,75	ETAPA DE MEDIADOS	30 DIAS	5,30	1,05	5,56
23/11/2012	7,25	0,75	ETAPA DE MEDIADOS	30 DIAS	5,44	1,05	5,71
27/11/2012	7,25	0,75	ETAPA DE MEDIADOS	30 DIAS	5,44	1,05	5,71
01/12/2012	7,81	0,75	ETAPA DE MEDIADOS	30 DIAS	5,86	1,05	4,69
05/12/2012	8,31	0,75	ETAPA DE MEDIADOS	30 DIAS	6,24	1,05	4,99
09/12/2012	8,38	0,75	ETAPA FINAL	45 DIAS	6,28	0,80	5,03
13/12/2012	8,81	0,75	ETAPA FINAL	45 DIAS	6,61	0,80	5,29
17/12/2012	8,63	0,75	ETAPA FINAL	45 DIAS	6,47	0,80	5,18
21/12/2012	9,13	0,75	ETAPA FINAL	45 DIAS	6,85	0,80	5,48
25/12/2012	9,63	0,75	ETAPA FINAL	45 DIAS	7,22	0,80	5,78
29/12/2012	7,75	0,75	ETAPA FINAL	45 DIAS	5,82	0,80	4,65
PROMEDIO:	**7,83**				**5,87**		**4,65**

Elaboración: El autor. 2013.

Analizando el cuadro se puede apreciar que la lámina de reposición (ETc) promedio es de 4,65 mm/d, lo que significa que durante todo el ciclo del cultivo (115 días) ésta ascendería en promedio a 534,75 mm, correspondiente a **5 347,5 m^3 de agua /ha.**

En el cuadro 14 se presenta el calendario de riego implementado en la investigación se obtuvo a través de la aplicación de la siguiente ecuación, tal como se indica en el ejemplo:

Datos:

Lb de reposición acumulada 3 días: **9,93 mm**, obtenida con la ecuación:

Lb= (ET (C.A)* Kt*Kc)/Efa; que se repone con una frecuencia de 3 días

Ip= **4,94 mm/h** (aplicando ecuación de la tabla 1)

Aplicando los datos en la ecuación:

Tr= (Lb/Ip)* Porcentaje de la lámina evaluada

Para el Tratamiento 1(75% ETc): Tr= (9,93 mm/4,94 mm/h)*0,75 = **Tr= 1,51 h**

Para el Tratamiento 2(100% ETc): Tr= (9,93 mm/4,94 mm/h)*1,0 = **Tr= 2,01 h**

Para el Tratamiento 3(125% ETc): Tr= (9,93 mm/4,94 mm/h)*1,25 = **Tr= 2,51 h**

Para el Tratamiento 4(150% ETc): Tr= (9,93 mm/4,94 mm/h)*1,50 = **Tr= 3,01 h**

Cuadro 14. Calendario de riego para cada tratamiento. Garza Real, 2013.

Fecha	Lb de reposición en tres días(mm)	Nº de riego	TIEMPO DE RIEGO(horas)			
			TI(75 % de la ETc)	T2 (100 % de la ETc)	T3(125 % de la ETc)	T4(150 % de la ETc)
27/09/2012	9,93					
28/09/2012		1	1,51	2,01	2,51	3,01
30/09/2012	8,71					
01/10/2012		2	1,32	1,76	2,20	2,65
03/10/2012	10,92					
04/10/2012		3	1,66	2,21	2,76	3,32
06/10/2012	11,03					
07/10/2012		4	1,67	2,23	2,79	3,35
09/10/2012	9,71					
10/10/2012		5	1,47	1,96	2,46	2,95
12/10/2012	10,26					
13/10/2012		6	1,56	2,08	2,60	3,11
15/10/2012	10,04					
16/10/2012		7	1,52	2,03	2,54	3,05
18/10/2012	10,48					
19/10/2012		8	1,59	2,12	2,65	3,18
21/10/2012	8,93					
22/10/2012		9	1,36	1,81	2,26	2,71
24/10/2012	9,22					
25/10/2012		10	1,40	1,87	2,33	2,80
27/10/2012	11,74					
28/10/2012		11	1,78	2,38	2,97	3,56
30/10/2012	14,51					
31/10/2012		12	2,20	2,94	3,67	4,41

02/11/2012	15,90					
03/11/2012		13	2,41	3,22	4,02	4,83
05/11/2012	13,59					
06/11/2012		14	2,06	2,75	3,44	4,13
08/11/2012	13,43					
09/11/2012		15	2,04	2,72	3,40	4,08
11/11/2012	24,09					
12/11/2012		16	3,66	4,88	6,10	7,31
14/11/2012	24,32					
15/11/2012		17	3,69	4,92	6,15	7,38
17/11/2012	15,52					
18/11/2012		18	2,36	3,14	3,93	4,71
20/11/2012	22,24					
21/11/2012		19	3,38	4,50	5,63	6,75
23/11/2012	19,92					
24/11/2012		20	3,02	4,03	5,04	6,05
26/11/2012	18,76					
27/11/2012		21	2,85	3,80	4,75	5,70
29/11/2012	20,85					
30/11/2012		22	3,16	4,22	5,27	6,33
02/12/2012	24,32					
03/12/2012		23	3,69	4,92	6,15	7,38
05/12/2012	22,70					
06/12/2012		24	3,45	4,59	5,74	6,89
08/12/2012	19,28					
09/12/2012		25	2,93	3,90	4,88	5,85
11/12/2012	18,53					
12/12/2012		26	2,81	3,75	4,69	5,63
14/12/2012	19,59					
15/12/2012		27	2,97	3,97	4,96	5,95
17/12/2012	17,47					
18/12/2012		28	2,65	3,54	4,42	5,30
20/12/2012	19,41					
21/12/2012		29	2,95	3,93	4,91	5,89
23/12/2012	19,76					
24/12/2012		30	3,00	4,00	5,00	6,00
26/12/2012	20,47					
27/12/2012		31	3,11	4,14	5,18	6,22
29/12/2012	15,18					
30/12/2012		32	2,30	3,07	3,84	4,61
TOTAL	**510,79**	**32**	**77,55**	**103,40**	**129,25**	**155,10**

Elaboración: El autor. 2013.

Durante todo el ciclo del cultivo de maíz se dieron 32 riegos, aplicando diferentes láminas en función de los tratamientos o láminas evaluadas. La lámina real aplicada en todo el ciclo de cultivo (lámina bruta), donde ya se toma en cuenta la eficiencia del método de riego fue de 510,79 mm, que corresponde a una dosis bruta de **5 107,9 m^3 /ha,** consumo de agua considerado como moderado si lo comparamos con el obtenido en una investigación realizada en Rio Cuarto Argentina donde el cultivo utilizó 5 750

m^3 /ha, si consideramos que la zona de Garza Real presenta condiciones climáticas adversas, comparadas con el sitio antes citado.

El tiempo real de trabajo es variable y depende de las láminas de riego a reponer en cada uno de los tratamientos, y estos dependen a su vez de la evaporación diaria. La frecuencia de riego es fija en todos los tratamientos, y corresponde a los tres días frecuencia que maneja normalmente el agricultor de la zona.

4.7 IDENTIFICACION DE LAS FASES FENOLOGICAS

Cuadro 15. Fases fenológicas identificadas en el cultivo. Garza Real, 2013.

Días después de la plantación	Fases Fenológicas			
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
6	Emergencia de planta: primera hoja, la planta tiene una altura de 5 cm			
10	Es visible el cuello de la segunda hoja			
20	Se cuenta con 8 hojas verdaderas			
29		Se cuenta con más del 50 % del aparecimiento de hojas, correspondiente a 13		
45		Es completamente visible la ultima rama de la panícula		
50			El polen se comienza a arrojar	
55			Los estigmas son visibles	
65			Los granos se llenan con un liquido claro y se ve	

			el embrión	
72				Los granos se llenan con un liquido lechoso blanco
80				Los granos se llenan con una pasta blanca, y el embrión tiene más o menos la mitad del ancho del grano
85				La parte superior de los granos se llena con almidón solido
95				Las mazorcas están en el estado de choclo
105				La mazorcas ya están duras y el grano presenta en la base una capa negra
115				Se realizó la cosecha con una humedad del grano del 25 %

Elaboración: El autor. 2013.

Como se puede apreciar en el cuadro 15, el ciclo del cultivo de maíz dentro en el ensayo fue de 115 días, desde la siembra hasta la cosecha y las fases fenológicas se presentaron de la siguiente manera: fase inicial: 25 días; fase de desarrollo 15 días; fase de mediados 30 días y la fase final con 45 días.

4.8 EFECTO DE LAS LÁMINAS DE RIEGO SOBRE EL DESARROLLO DEL CULTIVO

Cuadro 16. Efecto de las láminas de riego aplicadas al ensayo. Garza Real, 2013.

Descriptor agronómico	TRATAMIENTOS				ADEVA	RANGOS MULTIPLES DUNCAN
	T1(75 % ETc)	T2(100 % ETc)	T3(125 % ETc)	T4(150 % ETc)	(FC)	(SUPERINDICES)
Número de hojas de la planta a los siete días	2,167	2,167	2,667	2,333	1,143	D, C,A,B
Número de hojas de la planta a los veinte días	7,500	7,500	2,167	7,833	1,88	C,B,D,A
Número de hojas de la planta a los veinte y nueve días	11,333	12,667	11,333	10,333	6947*	C,BC,AB,A
Altura de la planta a los siete días	4,167	4,333	4,833	5,333	4,444	D,C,B,A
Altura de la planta a los treinta días	57,333	61,667	58,667	62,333	0,493	A,A,A,A
Altura de la planta a los setenta y nueve días	226,00	234,33	224,33	22,00	0,2684	A,A,A,A
Diámetro del cuello a los siete días	0,217	0,203	0,233	0,237	0,3638	C,D,B,A
Diámetro del cuello a los treinta días	2,36	2,48	2,36	2,16	0,88	C,A,B,D
Diámetro del cuello a los setenta y un días	2,73	2,92	2,92	2,67	0,702	C,A,B,D
Profundidad radicular a los treinta días	22,83	23,33	28,33	31,17	4,290	A,A,A,A
Profundidad radicular a los sesenta días	47,00	43,00	41,00	54,83	3,600	A,A,A,A
Profundidad radicular a los noventa días	48,17	55,50	58,17	59,50	3,420	A,A,A,A

* Diferencia significativa

4.8.1 Número de hojas brotadas.

Número de hojas de la planta a los siete días.

Del análisis de varianza (anexo 34) se desprende que no existe diferencia significativa entre las láminas de riego en el aparecimiento de las hojas a los siete días de sembrada la planta, tal como se muestra en el cuadro anterior. Sin embargo es el tratamiento 3, correspondiente al 125 % de la Etc, el que ha presentado las mejores condiciones físicas para el aparecimiento de la mayor cantidad de hojas.

Las laminas de riego no influyen significativamente en el aparecimiento de las hojas hasta los siete días de sembrado el cultivo, tal como se aprecia en la figura 24. Esto se debe a que el cultivo de maíz en su etapa inicial no necesita de una cantidad considerable de agua para su desarrollo.

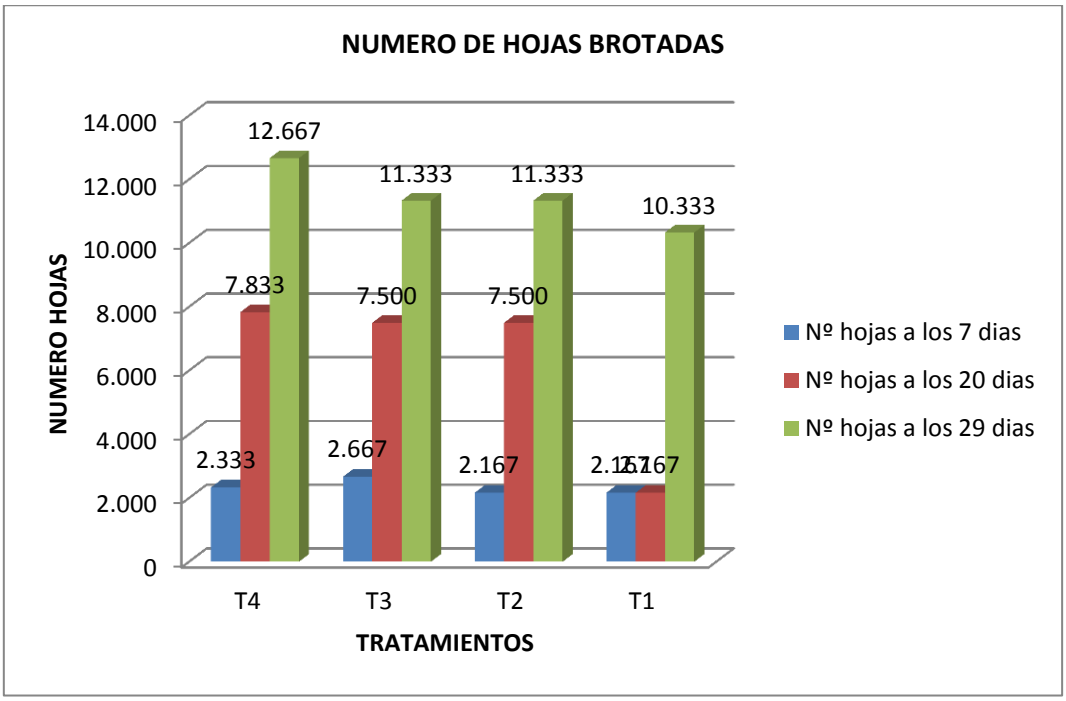


Fig. 24 Número de hojas brotadas a los siete, veinte, y veinte y nueve días, Garza Real, 2013.

Esto permite concluir que las distintas láminas de riego no influyen, por tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

Número de hojas de la planta a los veinte días.

No existe diferencia significativa entre las láminas de riego en el aparecimiento de las hojas a los veinte días de sembrada la planta, pero es el tratamiento 4, correspondiente al 150 % de la Etc, el que ha presentado las mejores condiciones físicas para el aparecimiento de la mayor cantidad de hojas en la planta, seguido por el tratamiento 2(100 % de la Etc) y el 1(75 % de la Etc), y el tratamiento 3 (125 % de la Etc), difiere muy significativamente de los anteriores tratamientos ya que solo alcanza 2,167 hojas, tal como se observa en el cuadro 16, es que las láminas de riego no influyen significativamente en el aparecimiento de las hojas hasta los veinte días de sembrado el cultivo, salvo el tratamiento 3 que si tiene una gran diferencia con los otros.

Con esto se concluye que las distintas láminas de riego no influyen, por tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

Número de hojas de la planta a los veinte y nueve días.

Del análisis de varianza (anexo 34) se desprende que existe diferencia significativa entre las láminas de riego en el aparecimiento de las hojas a los veinte y nueve días de sembrada la planta, donde el tratamiento 2, correspondiente al 100 % de la Etc, el que ha presentado las mejores condiciones físicas de humedad en el suelo para el aparecimiento de la mayor cantidad de hojas en la planta, seguido por el tratamiento 3(125 % de la Etc) y el 1(75 % de la Etc).

Lo que permite determinar que al aumentar la humedad en el suelo, se ha ido disminuyendo el crecimiento y aparecimiento de las hojas debido al anegamiento del suelo, y al disminuir el contenido de humedad por debajo del 100 % de la ETc, existe un déficit de humedad donde se obstaculizan los procesos fisiológicos de la planta a los 29 días de la siembra.

En términos generales se evidencia que desde la siembra es necesario dotarle de una mayor cantidad de agua para que se logren las condiciones adecuadas

para su desarrollo, y después de los 20 días de vida de la planta, el requerimiento va disminuyendo.

Con esto se concluye que las distintas láminas de riego influyen significativamente, por tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

4.8.2 Altura de la planta.

Altura de la planta a los siete días.

No existe diferencia significativa entre las láminas de riego en la altura de la planta a los siete días de sembrada, tal como se muestra en el cuadro 16. Sin embargo es el tratamiento 4, correspondiente al 150 % de la ETc, el que ha presentado las mejores condiciones físicas para el crecimiento de la planta, seguido por el tratamiento 3(125 % de la ETc) y el 2(100 % de la ETc).

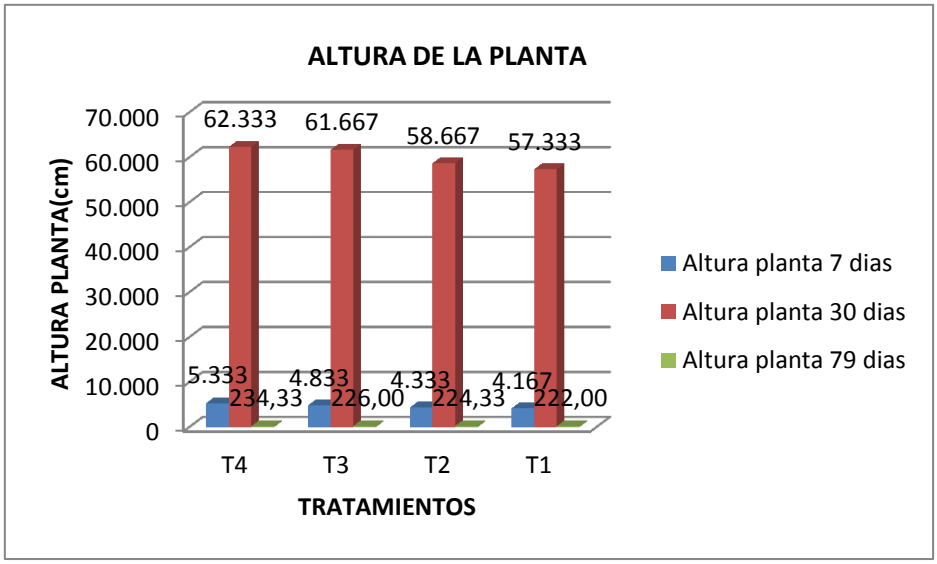


Fig. 25 Altura de la planta a los siete, treinta y setenta y nueve días. Garza Real, 2013.

Altura de la planta a los treinta días.

El análisis de varianza permite apreciar que no existe diferencia significativa entre las láminas de riego en la altura de la planta a los treinta días después de sembrada, y al igual que el caso anterior el tratamiento 4, correspondiente al 150 % de la ETc, es el que presenta las mejores condiciones físicas para el crecimiento de la planta, seguido por el tratamiento 2(100 % de la ETc) y el 3(125 % de la ETc.

Esto permite concluir que las distintas láminas de riego no influyen en el crecimiento de la planta, por tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

Altura de la planta a los setenta y nueve días.

El análisis de varianza permite apreciar que no existe diferencia significativa entre las láminas de riego en la altura de la planta a los setenta y nueve días después de sembrada la planta.

Se puede apreciar que a medida que la planta alcanza un mayor desarrollo necesita de láminas menores, donde con el tratamiento 2 (100 % de la ETc) se logra un mayor crecimiento de la planta, y con los tratamientos que representan una mayor lámina de riego el crecimiento es menor debido a que algunos procesos fisiológicos se bloquean ya que hay un exceso de humedad que afecta a la planta.

Con el tratamiento T4 (150 % de la ETc), desde la siembra hasta los 30 días se obtiene la mayor altura de la planta correspondiente a 62,33 cm; y luego hasta llegar a los 79 días el que arroja los mejores rendimientos es el tratamiento T2(100 % de la ETc) con una altura de 234,33 cm.

Con esto se concluye que las distintas láminas de riego no influyen en el crecimiento de la planta, por tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

4.8.3 Diámetro del cuello.

Diámetro del cuello a los siete días.

Del análisis de varianza (anexo 34) se puede apreciar que no existe diferencia significativa entre las láminas de riego en el diámetro del cuello de la planta a los siete días después de la siembra.

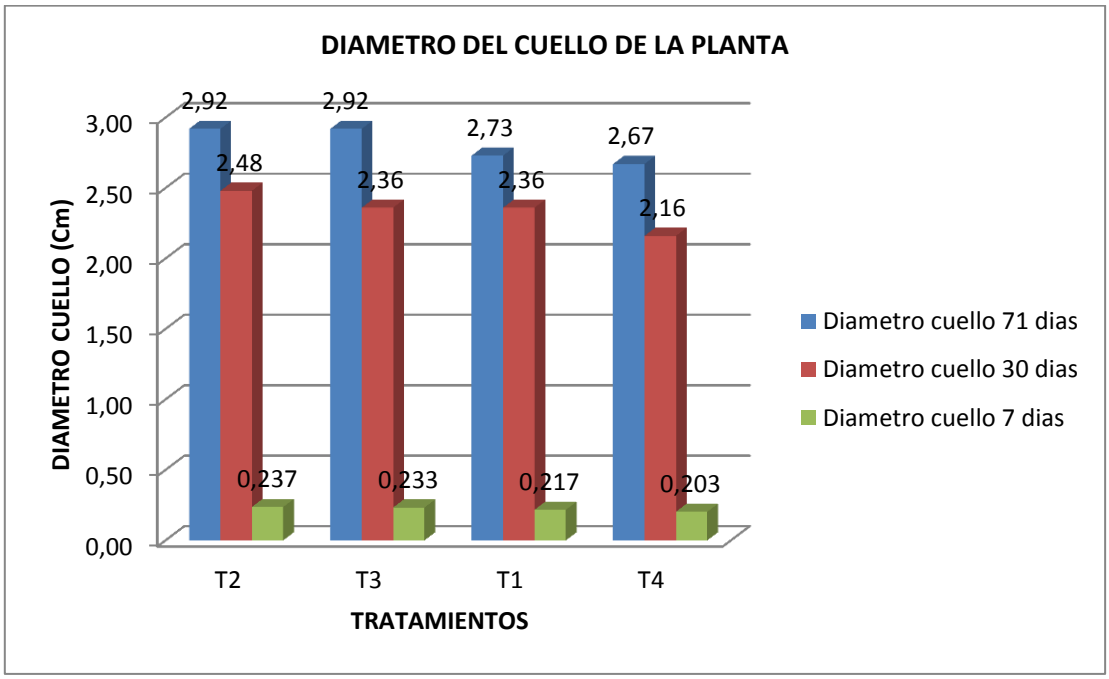


Fig. 26 Diámetro del cuello de la planta a los siete, treinta y setenta y un días. Garza Real, 2013.

Esto nos indica que las distintas láminas de riego no influyen en el desarrollo del tallo a los siete días de vida de la planta, lo que permite aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna.

Diámetro del cuello a los treinta días.

Se ha realizado el análisis del diámetro de la planta hasta los 71 días debido a que hasta aquí se evidenció un crecimiento, y de ahí en adelante el diámetro tiende a limitar su crecimiento y se encoge.

El análisis de varianza nos indica que no existe diferencia significativa entre las láminas de riego en el diámetro del cuello de la planta a los treinta días

después de la siembra. Sin embargo el tratamiento que mejor resultados arrojó es el T2 que corresponde al 100 % de reposición de la ETc, y a medida que aumenta el contenido de humedad el diámetro tiende a ser menor, tal como se observó en la figura 26.

Esto indica que las distintas láminas de riego no influyen en el desarrollo del tallo a los treinta días de vida de la planta, lo que permite aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna.

Diámetro del cuello a los setenta y un días.

Al igual que el anterior se puede apreciar que no existe diferencia significativa entre las láminas de riego en el diámetro del cuello de la planta a los setenta y un días después de la siembra.

El tratamiento que mejor resultados arrojó es el T2 que corresponde al 100 % de reposición de la ETc, y así mismo a medida que aumenta el contenido de humedad el diámetro tiende a ser menor, tal como se observa en la figura 26, lo que indica que se acepta la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna.

4.8.4 Profundidad radicular

Profundidad radicular a los treinta días

Del análisis de varianza (anexo 34) se puede se puede apreciar que existe diferencia significativa entre las láminas de riego en la profundidad radicular a los treinta días después de la siembra.

El tratamiento que mejores resultados ha dado en cuanto a mayor profundidad radical se refiere es el concerniente al tratamiento 4, con una lámina de reposición del 150 %, seguido por el tratamiento 3, 2 y 1. Esto nos permite analizar que cuando mayor es el contenido de humedad del suelo la raíz se desarrolla más ya que la tabla de agua en el suelo es mayor y por ende las raíces encuentran un suelo más blando para penetrar mayormente.

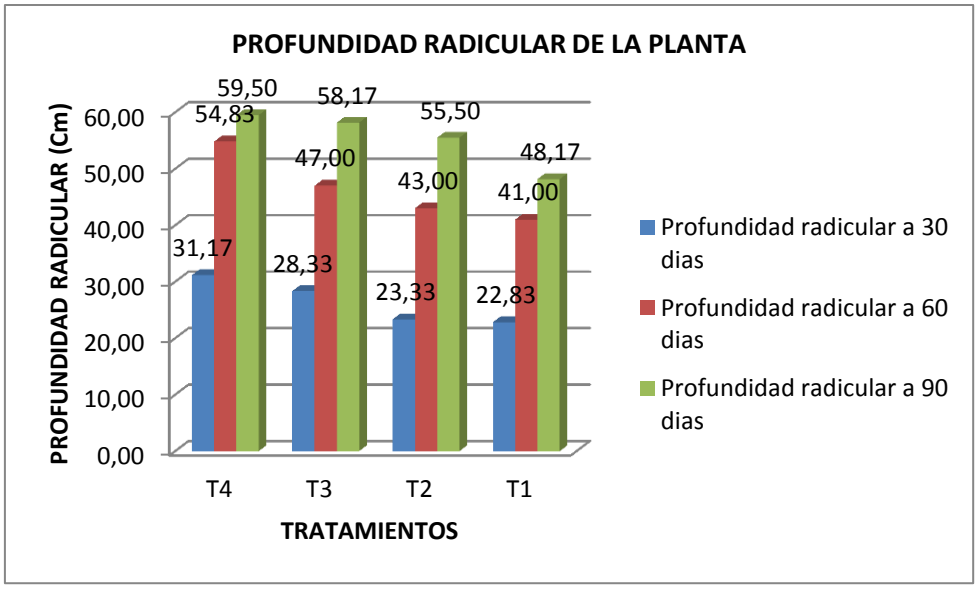


Fig. 27 Profundidad radicular a los treinta, sesenta y noventa días. Garza Real, 2013.

Con esto se concluye que las distintas láminas de riego influyen significativamente, por tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Profundidad radicular a los sesenta días.

No existe diferencia significativa entre las láminas de riego en la profundidad radicular a los sesenta días después de la siembra. Sin embargo al igual que el caso anterior el tratamiento que mejores resultados ha arrojado es el tratamiento 4, con una lamina de reposición del 150 %, seguido por la menor lamina correspondiente al 75 % de la reposición, y luego las del 100 % y 125 %, como se puede observar en la figura 27.

Ello permite decir que las distintas láminas de riego no influyen en el desarrollo de la profundidad radicular a los treinta días de vida de la planta, lo que permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna.

Profundidad radicular a los noventa días.

No existe diferencia significativa entre las láminas de riego en la profundidad radicular a los noventa días después de la siembra.

Al igual que en los casos anteriores el tratamiento que mejores resultados ha arrojado es el tratamiento 4, con una lámina de reposición del 150 %, seguido por la menor correspondiente al 125 % de la reposición, y luego las del 100 % y 75 %.

Esto permite aseverar que al final del desarrollo del cultivo a, medida que el suelo se encuentra más húmedo las raíces tienen un mayor crecimiento. Así mismo se puede apreciar que las distintas láminas de riego no influyen en el desarrollo de la profundidad radicular a los treinta días de vida de la planta, lo que permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna.

Una vez finalizada esta investigación se puede concluir que con la aplicación del tratamiento 4, con una lámina de reposición del 150 %, se puede obtener el mayor desarrollo de la planta, correspondiente al número de hojas, altura de la planta, así como el mayor desarrollo radicular. Sin embargo el mayor desarrollo del cuello se logra con la aplicación de un contenido menor de agua (tratamiento 3, con una lámina de reposición del 125 %).

4.9 RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO

4.9.1 Rendimiento del cultivo

Cuadro 17. Rendimiento de los distintos tratamientos del cultivo de maíz. Garza Real, 2013.

PESO EN CAMPO(kg)											
TRATAMIENTO	**PARCELA**	**SURCO 1**	**SURCO 2**	**PESO TOTAL/PARCELA**	**PESO GRANO SIN TUSA/PARCELA (gr)**	**PESO TUSA + GRANO/PARCELA(gr)**	**DESGRANE**	**CONT. HUMEDAD (%)**	**MATERIA SECA**	**RENDIMIENTO(tn/ha)**	**RENDIMIENTO PROM(tn/ha)**
T1	T1,R1	3,9	3,8	7,7	566	748	0,76	26,0	0,74	5,84	6,35
75 %(ETc)	T1,R2	4,4	4,6	9,0	604	822	0,73	24,4	0,756	6,78	
	T1,R3	4,1	3,7	7,8	546	694	0,79	22,7	0,773	6,43	
T2	T2,R1	4,4	4,6	9,0	733	968	0,76	26,9	0,731	6,75	6,66
100 %(ETc)	T2,R2	4,0	4,0	8,0	690	881	0,78	26,7	0,733	6,23	
	T2,R3	4,2	4,8	9,0	649	845	0,77	25,4	0,746	6,99	
T3	T3,R1	4,4	4,2	8,6	581	779	0,75	23,6	0,764	6,64	6,60
125 %(ETc)	T3,R2	4,2	4,3	8,5	611	806	0,76	28,2	0,718	6,27	
	T3,R3	4,0	4,4	8,4	493	612	0,81	25,0	0,75	6,88	
T4	T4,R1	3,9	4,3	8,2	545	735	0,74	27,7	0,723	5,96	6,38
150 %(ETc)	T4,R2	4,8	4,4	9,2	607	808	0,75	24,4	0,756	7,08	
	T4,R3	3,6	4,0	7,6	597	763	0,78	24,5	0,755	6,09	
TESTIGO		**7,2**	**7,7**	**14,9**	**568**	**735**	**0,77**	**26,1**	**0,739**	**5,93**	

Elaboración: El autor. 2013.

El rendimiento del cultivo de maíz está relacionado con la producción de grano seco por tonelada, en cada uno de los tratamientos y parcela testigo, tal como se puede observar en el cuadro 17 donde el tratamiento T2 (100 % de reposición de ETc) es el que arrojó los mejores resultados alcanzando un rendimiento de 6,66 tn/ha, equivalente a 146,5 quintales por cada hectárea bajo las condiciones especificas de este ensayo.

La parcela testigo, con un manejo del agua a través de surcos regados, donde se lleva el agua a través de mangueras de reparto, tal como lo realizan algunos de los productores de la zona, alcanzó un rendimiento de 5,93 tn/ha (130,46 qq/ha), rendimiento menor a todos los tratamientos evaluados.

Esto permite concluir que las láminas de riego inciden notablemente en el rendimiento del cultivo de maíz, obteniéndose un incremento de 0,76 tn/ha, ósea 16,72 qq entre el tratamiento T2 y el testigo.

Es importante manifestar que en esta investigación se ha alcanzado un buen rendimiento, al tratarse de una variedad y no de un hibrido (en híbridos los mínimos rendimientos superan las 5 t/ha). En el caso de las variedades criollas como: Tusilla, Manabí, Tusa Roja, Sirria y semillas híbridas de segunda siembra, que son los materiales que generalmente utilizan los productores de la zona, solo se llegan a obtener rendimientos que varían entre 50 y 80 quintales por hectárea, esto en condiciones bajo riego así como de secano.

Este análisis permite apreciar que el manejo adecuado del riego y aplicando las láminas correctas de reposición, tal como se lo ha hecho en el ensayo, incrementan notablemente los rendimientos en el cultivo de maíz.

Cuadro 18. Agua consumida versus rendimiento en los distintos tratamientos del cultivo de maíz. Garza Real, 2013.

Tratamiento	Rendimiento(qq)	Agua consumida (m^3/ha)
T1	140	775,5
T2	147	1 034,0
T3	145	1 292,5
T4	140	1 551,0

Eficiencia utilización de agua = (Rendimiento / Agua consumida)*45.45

Tratamiento 1: (140 / 775,5)* 45,45 = 8,2 kg/m^3

Tratamiento 2: (147 / 1 034,0)* 45,45 = 6,46 kg/m^3

Tratamiento 3: (145 / 1 292,5)* 45,45 = 5,09 kg/m^3

Tratamiento 4: (140 / 1 551,0)* 45,45 = 4,10 kg/m^3

Esto permite manifestar que por cada metro cúbico de agua consumida se producen 8,2 kg de maíz en el tratamiento 1; 6,46 kg en el tratamiento 2; 5,09 kg en el tratamiento 3 y 4,10 kg para el tratamiento 4.

4.9.2 Rentabilidad del cultivo

La rentabilidad del cultivo del maíz se la determinó a través de la relación beneficio/costo donde se alcanzaron los valores que se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 19. Relación Beneficio/Costo en los tratamientos evaluados. Garza Real, 2013.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO(qq)	INGRESO BRUTO (USD)	INGRESO NETO (USD)	RELACION BENEFICIO/COSTO
T1: 75 %(ETc)	140	2 520,00	214,00	1,09
T2: 100 %(ETc)	147	2 646,00	332,30	1,14
T3: 125 %(ETc)	145	2 610,00	298,50	1,13
T4: 100 %(ETc)	140	2 520,00	214,00	1,09
TESTIGO	130	2 340,00	43,75	1,02

En el cuadro anterior se observa que el tratamiento donde se obtuvo el mayor rendimiento corresponde al T2: 100 % ETc, con 147 qq/ha, y una relación Beneficio/Costo de **1,14** interpretada como buena, lo que permite aseverar que es esta la lámina que permite que el cultivo de maíz se desarrolle adecuadamente y se obtenga la máxima producción. En segundo lugar está el tratamiento T3: 125 % ETc, con una relación Beneficio/Costo de **1,13,** correspondiente a un rendimiento de 145 qq/ha.

El Testigo (manejado por el productor de la zona), fue el que arrojó el menor rendimiento, generando una relación Beneficio/Costo de **1,02**, lo que permite concluir que con la aplicación de las láminas de riego evaluadas a través del sistema por goteo si se pueden elevar los rendimientos y obtener una mejor rentabilidad.

4.10 DETERMINACION DEL COEFICIENTE "KC" DE USO CONSUNTIVO DEL CULTIVO DE MAÍZ DURO *(ZEA MAYS).*

4.10.1 Consumo de agua del cultivo (ETC), a través del balance de humedad de la parcela experimental

Para el cálculo de la profundidad a la que se debieron tomar las muestras se adoptó el valor de 70 cm, con una duración total del cultivo de 125 días, según el manual 56 de la FAO (2006). El ciclo total del riego fue de 94 días, y los resultados de este cálculo se presentan en el cuadro 20.

Cuadro 20. Profundidad de la toma de muestras para elaborar el balance de humedad de la parcela experimental. Garza Real, 2013.

fecha inicio de la etapa	fecha finalización de la etapa	Etapa de desarrollo	Fases de riego (días)	DX(prof. Rad)parcial (m)	Profundidad de muestreo(m)
28/09/2012	22/10/2012	ETAPA INICIAL	25	0,33	0,33
23/10/2012	06/11/2012	ETAPA DE DESARROLLO	15	0,21	0,45
07/11/2012	06/12/2012	ETAPA MEDIADOS	20	0,27	0,51
07/12/2012	30/12/2012	ETAPA FINAL	34	0,43	0,67
		Total	**94**		

Elaboración: El autor. 2013.

Luego se elaboró el balance hídrico por medio de la parcela experimental, procedimiento que se ilustra con el siguiente ejemplo, cuyos datos se pueden ver en el anexo 30:

Datos:

Fase del cultivo: primera
Prof. Radicular del cultivo: 0,33 m
Da: 1,45 g/cc
Contenido de humedad después del riego (Ɵi): 21,05 %
Contenido de humedad antes del próximo riego (Ɵi): 17,07 %
Dosis de riego: 74,45 m^3/ha
Precipitación: 0 mm
Frecuencia de riego: 3 días

Aplicamos las ecuaciones:

Ri = 100 x per x Da x %Ɵ = 100*0,33m*1,45 g/cc* 21,05 %

Ri = 1 007,24 m^3/ha
Rf(salida) = 100 x per x Da x %Ɵ = 100* 0,33m *1,45 g/cc* 17,07 %

Rf(salida) = 816,8 m^3/ha

Entrada total = Ri + precipitación (m^3/ ha) + riego (m^3/ ha)

Entrada total = 1 007,24 m^3/ha + 0 m^3/ ha + 74,45 m^3/ha = 1 081,69 m^3/ha

ETc= Entradas – Salidas
ETc= 1 081,69 m^3/ha - 816,8 m^3/ha = 264,89 m^3/ha

ETC = (264,89 m^3/ha) / 10 = 26,45 mm/ ciclo de riego

ETC = 26,45 mm / 3 días = 8,93 mm/día

Los resultados del balance de humedad promedio de cada una de las fases de desarrollo se observan en el cuadro 21.

Cuadro 21. Balance de humedad de la parcela experimental. Garza Real, 2013.

FASE DEL CULTIVO	TRATAMIENTO	Nº DIAS	ENTRADA						SALIDA		UC POR CICLO RIEGO		UC Diario	
			Rerserva Inicial		Precipìtacion		Riego	Total	Rerserva final					
			Ɵi	m3/Ha	mm	m3/ha	m3/ha	m3/ha	Ɵi	m3/ha	mm	m3/ha	mm	m3/ha
ETAPA INICIAL	T1	3	21.65	1,105.31			74.28	1,218.16	18.25	938.83	16.65	166.48	5.55	55.49
	T2	3	23.27	1,183.99			99.04	1,283.03	20.21	1,031.58	13.93	139.33	4.64	46.44
	T3	3	25.52	1,307.44			123.81	1,431.25	22.26	1,145.48	16.20	161.96	5.40	53.99
	T4	3	26.97	1,378.17			148.57	1,526.74	24.13	1,235.61	14.26	142.56	4.75	47.52
ETAPA DE DESARROLLO	T1	3	21.74	1,407.58	1.19	11.9	88.01	1,495.60	17.77	1,150.50	25.71	257.09	8.57	85.70
	T2	3	22.22	1,438.86	1.19	11.9	117.35	1,556.22	18.68	1,209.32	22.95	229.55	7.65	76.52
	T3	3	25.93	1,678.67	1.19	11.9	146.69	1,825.37	22.78	1,474.71	20.40	203.97	6.80	67.99
	T4	3	27.78	1,798.58	1.19	11.9	176.03	1,974.61	24.29	1,572.47	22.61	226.11	7.54	75.37
ETAPA DE MEDIADOS	T1	3	23.97	1,924.73	0.16	1.6	150.74	2,080.73	20.09	1,615.23	30.95	309.51	10.32	103.17
	T2	3	27.81	2,226.13	0.16	1.6	200.99	2,428.72	24.20	1,939.82	28.63	286.30	9.54	95.43
	T3	3	29.87	2,387.10	0.16	1.6	251.24	2,639.95	26.23	2,095.83	29.13	291.27	9.71	97.09
	T4	3	32.46	2,595.50	0.16	1.6	301.49	2,898.58	28.79	2,304.48	29.10	291.02	9.70	97.01
ETAPA FINAL	T1	3	23.76	2,302.38			147.66	2,450.04	20.76	2,011.43	29.09	290.95	9.70	96.98
	T2	3	26.28	2,546.64			196.88	2,743.51	23.26	2,253.77	29.29	292.86	9.76	97.62
	T3	3	30.60	2,965.00			246.09	3,211.09	27.50	2,664.95	30.00	300.05	10.00	100.02
	T4	3	32.67	3,165.96			295.31	3,461.27	29.25	2,834.00	33.20	331.96	11.07	110.65

El consumo real de agua de este cultivo en promedio en todo el ciclo del cultivo es de los 4,64 mm/d para el tratamiento 2 en la etapa inicial de desarrollo; variando hasta 11,07 mm/d, para el tratamiento 4 en la cuarta etapa de desarrollo.

Este consumo es superior si lo comparamos con el obtenido en la investigación realizada en la Estación Experimental de Riego de la Habana Cuba donde el consumo vario desde los 4,125 hasta los 5,15 mm/d; y el del campo experimental de la Universidad Nacional de Rio Cuarto en Córdova-Argentina con un consumo que varió entre 3,67 y 6,38 mm/d.

4.10.2 Determinación de la evapotranspiración del cultivo de referencia, por medio del Lisímetro

Los resultados de la determinación de la evapotranspiración potencial por medio del lisímetro se exponen en el cuadro 22, tal como se ilustra en el siguiente ejemplo:

Cultivo: maíz
Fase de desarrollo: Etapa inicial
Volumen de riego: 14,29 Lt
Volumen recogido en el drenaje: 7,36 Lt
Área del lisímetro: $3{,}1416 * r^2$ = $0{,}264\ m^2$

$$ETo = \frac{(Qe - Qs)/3}{\text{Área del lisímetro}} = ((14{,}29\ Lt - 7{,}36\ Lt) / 3) / 0{,}264\ m^2 = \mathbf{8{,}75\ mm/d}$$

Cuadro 22. Evapotranspiración del cultivo de referencia por medio del lisímetro. Garza Real, 2013.

Fase de desarrollo	Volumen de entrada(Lt)	Volumen de salida(Lt)	Volumen retenido(Lt)	Lamina(Eto)mm/d
Etapa inicial	14,29	7,36	6,93	8,75
Etapa de desarrollo	9,29	3,14	6,14	7,76
Etapa de mediados	10,03	2,75	7,28	9,19
Etapa final	12,63	3,71	8,92	11,26

Elaboración: El autor. 2013.

Analizando los resultados se puede evidenciar que el cultivo de referencia (pasto Sudan), à medida que se fue desarrollando, el consumo de agua también se fue incrementando, es así que el consumo varía en promedio desde 7,76 mm/d hasta 11,26 mm/d en la etapa final.

Esto se debe a que el cultivo de referencia fue incrementando su biomasa: tallos, hojas y raíces, los que también necesitaron de un mayor consumo de agua para sus funciones fisiológicas.

4.10.3 Determinación del coeficiente Kc de cultivo

La determinación del Kc se ilustra con el siguiente ejemplo de cálculo:

Datos:

Etapa de desarrollo: Inicial

ETc: Evapotranspiración real del cultivo: 3,90; (obtenida por el método de la parcela experimental, ver anexo 25)

ETo: Evapotranspiración del cultivo de referencia (pasto Sudan), medido en el lisímetro: 7,17 mm/d

Kc= ETc/ETo = Kc= 3,9 / 7,17 mm/d = **0,54**

Cuadro 23. Coeficiente Kc de cultivo del maíz obtenido, en las distintas fases fenológicas. Garza Real, 2013.

Etapa de desarrollo del cultivo	Duración de la etapa(días)	Kc promedio				Kc promedio por fase de cultivo
		T1	T2	T3	T4	
Etapa inicial	25	0,64	0,54	0,59	0,49	0,56
Etapa de desarrollo	15	0,83	0,89	0,80	0,86	0,84
Etapa de mediados	30	1,17	1,10	1,12	1,20	1,15
Etapa final	45	0,95	0,90	0,95	0,97	0,94
Total	**115**					

Elaboración: El autor. 2013.

Los coeficientes del cultivo obtenidos dentro de esta investigación, se asemejan a los recomendados por el manual 56 (FAO): 0,5; 0,7; 1,05 y 0,8 cuyos valores en promedio a nivel de todos los tratamientos corresponden a

0,56; 0,84; 1,15 y 0,94, en las fases: inicial, de mediados, de desarrollo y final del periodo respectivamente, mismos que se los puede observar en el cuadro 23. Los valores originales obtenidos más a detalle se encuentran en el anexo 25.

En la figura 28 se presenta la curva de Kc, correspondiente al tratamiento 2 (100 % Etc), con el que se obtuvo el mayor rendimiento del cultivo.

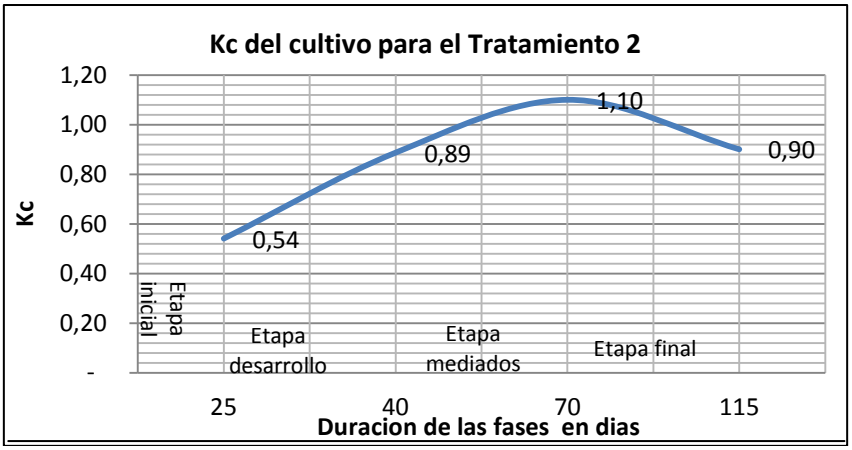


Fig. 28 Curva de Kc para el cultivo de maíz para el tratamiento 2. Garza Real, 2013.

4.11 VALIDAR LA UTILIZACIÓN DE UN TANQUE EVAPORÍMETRO ARTESANAL PARA EL MANEJO TECNIFICADO DEL RIEGO.

4.11.1 Toma de lecturas de evaporación en el tanque artesanal

El cálculo de estos coeficientes se los determinó, tal como se ilustra en el siguiente ejemplo:

Datos:

Fase de desarrollo: Inicial

ET (Artesanal): 9,0 mm

ET (Clase A): 8,0 mm

Kj= ET (Artesanal)/ ET (Clase A)

Kj= 9,0 mm / 8,0 mm = **1,13**

Los valores de calibración promedios calculados a través del tanque artesanal y tanque evaporímetro clase “A” se presentan en el cuadro 24.

Cuadro 24. Coeficientes de calibración promedios obtenidos para el tanque artesanal obtenido. Garza Real, 2013.

Fase de desarrollo	Periodo		Evaporación tanque artesanal(mm)	Evaporación tanque clase "A"(mm)	Kj(coeficiente calibración)
Fase inicial	28/09/2012	22/10/2012	9	8	1,13
Fase desarrollo	23/10/2012	06/11/2012	10	7	1,43
Fase mediados	07/11/2012	06/12/2012	10	8	1,25
Fase final	07/12/2012	29/12/2012	11	9	1,22
PROMEDIO			**10,0**	**8,0**	**1,3**

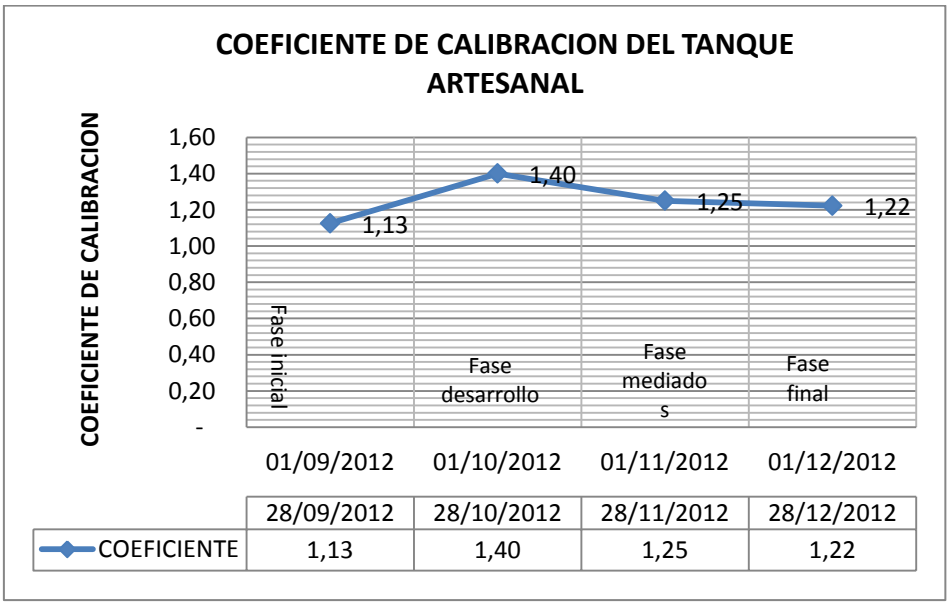


Fig. 29 Coeficiente de calibración del tanque artesanal. Garza Real, 2013.

El coeficiente de calibración promedio, obtenido en la presente investigación, presenta una variación de 1,13 hasta 1,43 desde el inicio de la instalación del ensayo hasta la segunda etapa de desarrollo, este coeficiente se ha ido incrementando dado, que la evaporación también fue incrementándose progresivamente, principalmente en el tanque clase “A”, debido a que se

aproxima la temporada invernal (periodo de precipitaciones), donde la temperatura es mayor.

Prueba z para el análisis de las lecturas en el tanque evaporímetro clase "A" y el artesanal

Para determinar si las lecturas obtenidas del tanque clase "A" y el artesanal, han arrojado valores semejantes con respecto a una proporción(o porcentaje) de población, se hizo la Prueba z en para cada una de las fases de desarrollo del cultivo (ver anexo 35).

La prueba se basó en la premisa de que una proporción muestral (es decir, x ocurrencias en n observaciones, o x/n) será igual a la proporción verdadera de la población si se toman márgenes o tolerancias para la variabilidad muestral. Para ello se aplicaron las expresiones de la siguiente tabla:

Tabla 6. Aplicación de ecuaciones de la Prueba z. Garza Real, 2013.

$H_0: p_1 = p_2$ Las hipótesis alternativas posibles son $H_1: p_1 \neq p_2 \quad H_1: p_1 > p_2 \quad H_1: p_1 < p_2$ La estimación combinada de p se puede calcular de la siguiente manera: $p = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2}$ Donde: p = proporción muestral x_1 = número de aciertos en la muestra 1 x_2 = número de aciertos en la muestra 2 n_1 = número de observaciones de la muestra 1 n_2 = número de observaciones de la muestra 2
Este valor de p se utiliza para calcular el valor estadístico de prueba $z_{prueba} = \frac{\frac{x_1}{n_1} - \frac{x_2}{n_2}}{\sqrt{p(1-p)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$

Cuadro 25. Resultados de la Prueba z en cada fase de desarrollo del cultivo. Garza Real, 2013.

FASE DE DESARROLLO	α/2	x1	x2	n1	n2	p	Z tabla	Z prueba
Fase inicial	0,025	9	8	25	25	0,34	1,96	0,3
Fase desarrollo	0,025	10	7	15	15	0,57	1,96	1,11
Fase mediados	0,025	18	8	30	30	0,3	1,96	0,56
Fase final	0,025	11	9	23	23	0,43	1,96	0,59

La hipótesis alterna (Ho) es aceptada en todas las tres etapas de desarrollo del cultivo, ya que Z prueba está dentro de la zona de aceptación, Z tabla= +-1,96.

Esto permite concluir que los valores de evaporación del tanque evaporímetro "clase A" y los del tanque artesanal son semejantes, o no difieren estadísticamente, tal como se puede observar en el anexo 35.

Análisis de correlación en el tanque evaporímetro clase "A" y el artesanal

Las lecturas obtenidas del tanque artesanal, y tanque clase "A", en promedio no se produjeron mayores variaciones, datos que se los puede observar en el anexo 29.

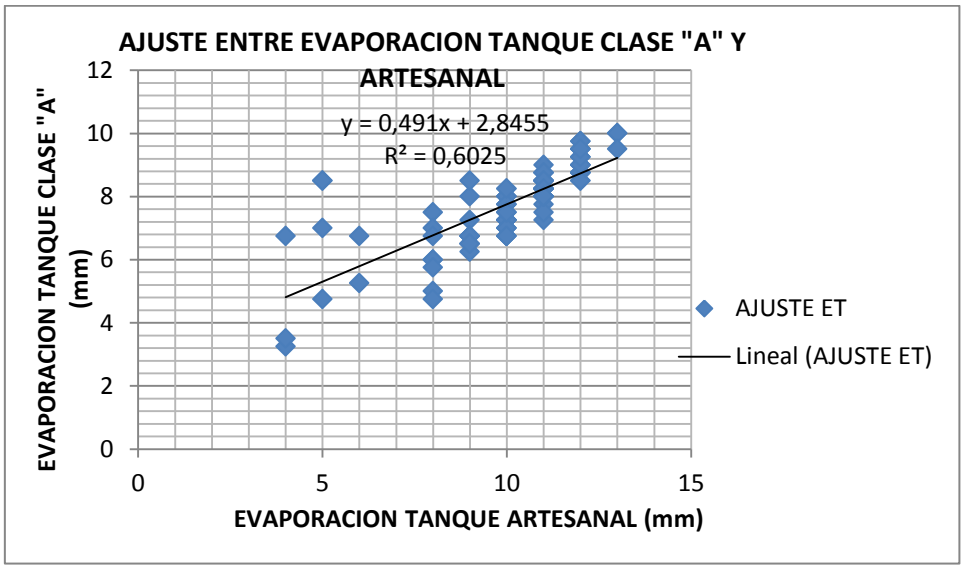


Fig. 30 Correlación entre la lamina de agua evaporada del tanque clase "A" y el tanque artesanal. Garza Real, 2013.

La ecuación donde se relaciona la lámina de agua evaporada en el tanque evaporímetro clase “A” y el tanque artesanal tiene la siguiente forma: **Y=0,491X + 2,845**, y cuya línea de tendencia tiende a ser línea, con una constante de correlación **R= 0,78**

Se considera que la evaporación del tanque evaporímetro Clase A es equivalente a la del tanque evaporímetro artesanal dividida para el coeficiente de ajuste promedio para todo el ciclo de cultivo igual a **1,3**.

Sin embargo como se mencionó anteriormente, los valores de evaporación del tanque evaporímetro "clase A" y los del tanque artesanal son semejantes, y no difieren estadísticamente, lo que significa que la lectura en el tanque artesanal seria directa; no obstante para precisar con el manejo del riego se puede recomendar el uso de este recipiente de evaporación, y saber cuándo regar y qué cantidad de agua aplicar (cuadro 28).

Se determinó la Evapotranspiración potencial por el método de Thorthwaite, donde el mayor consumo correspondió a 4,8 mm/día, para el mes de febrero, debido a que este es el mes más cálido del año, tal como se puede apreciar en el cuadro 26, y con mayor profundidad en el anexo 20.

Cuadro 26. ETp obtenida por el método empírico de Thorthwaite. Garza Real, 2013.

Mes	Temperatura (ºC)	ETp(mm/mes)	ETp(mm/día)
Enero	27,1	-	4,69
Febrero	27,5	-	4,8
Marzo	27,3	-	4,77
Abril	27,0	-	4,67
Mayo	26,1	129,7	4,18
Junio	24,7	103,6	3,45
Julio	24,1	97,8	3,16
Agosto	24,4	103,2	3,33
Septiembre	25,0	109,2	3,64
Octubre	25,4	121,3	3,91
Noviembre	26,1	131,0	4,37
Diciembre	26,7	-	4,67
ETp Max.			**4,8**

Complementariamente se procedió a realizar el cálculo de la evapotranspiración potencial o de referencia por el método del tanque evaporímetro artesanal.

De los resultados obtenidos se determinó que el método del tanque evaporímetro artesanal da mayores valores de ETo con respecto a los otros métodos, razón por la cual se procedió a realizar el análisis estadístico que nos permita determinar el porcentaje de diferencia relativa.

Considerando aceptable ET artesanal, se ha determinado un factor de ajuste entre el método de tanque evaporímetro artesanal (TA) y el método empírico de Thorthwaite (TH) obteniéndose un factor de 2,36; es decir, que a los valores de evaporación de referencia obtenidos por el método empírico se tendrá que multiplicar por dicho factor de ajuste para lograr la equivalencia al método del tanque evaporímetro artesanal.

Cuadro 27. Resumen de ETo por los métodos: tanque evaporímetro artesanal y los empíricos. Garza Real, 2013.

DESCRIPCIÓN	UNID.	FASE INICIAL	FASE DE DESARROLLO	FASE MEDIA	FASE FINAL	PROM
ETo, Tanque Evap.(TA)	mm/día	9,0	10,0	10,0	11,0	10,0
ETP, Thorthwaite(TH)	mm/día	3,78	4,14	4,37	4,67	4,24
Factor TA/TH		**2,38**	**2,41**	**2,29**	**2,52**	**2,36**

4.11.2 Uso del tanque evaporímetro artesanal en el manejo del riego

El aporte de ésta validación del tanque evaporímetro artesanal radica en poder sugerir que nuestros agricultores puedan realizar una programación del riego basado en éste dispositivo, validado en ésta investigación. Para ver la aplicación de la misma se presenta un ejemplo de programación de riego para la fase inicial del cultivo.

DATOS:

Capacidad de campo	CC	24,75	%
Punto de marchitez	PMP	10,65	%
Agua aprovechable	AU	15,65	%
Densidad aparente	Da	1,45	gr/cm3
Prof. Raíz	Pr	33	cm
% agotamiento permisible de humedad		50	%

Kp del tanque		0,75	
Eficiencia de aplicación de riego	Ea	0,9	
# emisores / m2		9	
Caudal del emisor	Qe=	**1,8**	l/h
CALCULOS DE BASE RELIZADOS:			
Lámina Max.	LAA =	6,7	cm
Lámina fácilmente aprovechable	Ln =	3,37	cm
	Ln =	33,7	mm
Lámina bruta de riego	**Lb =**	**37,4**	mm
Lb = **37**	**mm redondeado**		

ECUACIONES:

$$LAA = (CC - PMP) * Da * \Pr$$

$$Ln = f * LAA$$

$$Lb = \frac{Ln}{Ea}$$

De los cálculos realizados se tiene que cuando la lámina bruta acumulada de riego esté alrededor de 37 mm se debe proceder a suministrar riego al cultivo.

En el cuadro 28, se presenta el cálculo de la programación de riego haciendo uso de la información del tanque evaporímetro artesanal para la fase inicial del cultivo de maíz.

Con el cuadro 28, queda demostrado la aplicabilidad del factor de ajuste obtenido, que nos permite determinar la evaporación real dada en una zona específica donde sea implementado el tanque evaporímetro artesanal, el mismo que está alcance de las economías de nuestros agricultores, y, además de fácil manejo y sobre todo práctica.

Si al uso del tanque artesanal se complementa con la metodología aplicada en la determinación de las láminas de riego y su frecuencia más óptima obtenida en la presente investigación podrán lograr mejorar la productividad de sus cultivos, ya que la metodología es aplicable para cualquier cultivo bajo riego por goteo.

Cuadro 28. Programación de riego en base a los registros del tanque evaporímetro artesanal. Garza Real, 2013.

FASE DEL CULTIVO	DDS	ET ART mm	Factor	ET mm	ET ac mm	Kc	Lb mm	Lb ac mm	Tr Hrs	Tr Hr	Tr min	OBSERVACIONES
INICIAL	0											Riego de presiembra a CC
	1	10	1.13	8.8	**8.8**	0.56	4.1	**4.1**				
	2	11	1.13	9.7	**18.6**	0.56	4.5	**8.7**				
	3	9	1.13	8.0	**26.5**	0.56	3.7	**12.4**				
	4	10	1.13	8.8	**35.4**	0.56	4.1	**16.5**				
	5	9	1.13	8.0	**43.4**	0.56	3.7	**20.2**				
	6	11	1.13	9.7	**53.1**	0.56	4.5	**24.8**				
	7	8	1.13	7.1	**60.2**	0.56	3.3	**28.1**				
	8	12	1.13	10.6	**70.8**	0.56	5.0	**33.0**				
	9	10	1.13	8.8	**79.6**	0.56	4.1	**37.2**	**7.2**	**7**	**14**	Riego
	10	11	1.13	9.7	**89.4**	0.56	4.5	**4.5**				
	11	8	1.13	7.1	**96.5**	0.56	3.3	**7.8**				
	12	11	1.13	9.7	**106.2**	0.56	4.5	**12.4**				
	13	9	1.13	8.0	**114.2**	0.56	3.7	**16.1**				
	14	11	1.13	9.7	**123.9**	0.56	4.5	**20.6**				
	15	10	1.13	8.8	**132.7**	0.56	3.7	**24.4**				
	16	11	1.13	9.7	**142.5**	0.56	4.1	**28.5**				
	17	10	1.13	8.8	**151.3**	0.56	3.7	**32.2**				
	18	11	1.13	9.7	**161.1**	0.56	4.1	**36.3**	**7.1**	**7**	**3**	Riego
	19	10	1.13	8.8	**169.9**	0.56	3.7	**3.7**				
	20	5	1.13	4.4	**174.3**	0.56	1.9	**5.6**				
	21	9	1.13	8.0	**182.3**	0.56	3.3	**8.9**				
	22	9	1.13	8.0	**190.3**	0.56	3.3	**12.3**				
	23	9	1.13	8.0	**198.2**	0.56	3.3	**15.6**				
	24	9	1.13	8.0	**206.2**	0.56	3.3	**19.0**	**3.7**	**3**	**41**	Riego

SIMBOLOGIA: ET ART= Evaporación en tanque evaporímetro artesanal
ET = Evaporación del tanque corregida por factor de juste
ET ac = Evaporación de tanque acumulada
DDS = Días después de la siembra
Kc = Coeficiente del cultivo
Lb ac = Lámina bruta acumulada
Tr = Tiempo de riego

V. CONCLUSIONES

- La mayor lámina de reposición del cultivo, obtenida con el tanque evaporímetro clase “A” fue de 7,28 mm correspondiente a la tercera fase de desarrollo del cultivo; y la menor fue de 2,41 mm para la primera fase de desarrollo.

- La lámina total real aplicada en el ciclo de cultivo (lamina bruta), tomando en cuenta la eficiencia del método de riego fue de 510,79 mm, que corresponde a una dosis bruta de 5 107,9 m^3/ha.

- El tiempo mayor de riego aplicado al cultivo, fue de 7,38 horas correspondiente a la tercera fase de desarrollo con el 150 % de la ETc, y el menor tiempo de riego fue de 1,32 horas con el 75 % de la ETc para la primera fase de desarrollo.

- Con el tratamiento T4 (150 % de la ETc) hasta los 20 días de vida del cultivo se obtiene el mayor número de hojas correspondientes a 7,8.

- Con el tratamiento T4 (150 % de la ETc) hasta los 30 días de vida del cultivo se obtiene la mayor altura del cultivo correspondiente a 62,33 cm.

- El tratamiento que mejor resultados arrojó en cuanto al desarrollo del diámetro de la planta es el T2 (100 % de la ETc), con diámetros de 2,92 cm.

- Los tratamientos que mejores resultados arrojaron en cuanto al desarrollo radicular fueron los de mayor reposición de agua, tales como el T4 (150 % de la ETc), T3 (125 % de la ETc), con valores de 59,5 y 58,17 cm respectivamente.

- El cultivo de maíz en la primera etapa de desarrollo para el aparecimiento de hojas, y crecimiento, necesitó de un mayor requerimiento hídrico y luego este fue disminuyendo en el resto de tapas.

- Con una lámina del 100 % de reposición de la ETc, se obtuvo el mejor rendimiento del cultivo, alcanzándose 6,66 tn/ha.

- Con una lámina del 75 % de reposición de la ETc, se obtuvo el menor rendimiento del cultivo, correspondiente a 6,35 tn/ha.

- Con el testigo se alcanzaron rendimientos menores que a los de los tratamientos evaluados.

- El uso consuntivo obtenido por el método del balance de humedad de la parcela experimental en todo el ciclo del cultivo varió en promedio desde los 4,64 mm/d hasta 11,07 mm/d, desde la fase de menor hasta la de mayor demanda.

- La ETo máxima obtenida por el método del lisímetro correspondió a 11,26 mm/d, para la etapa final del cultivo.

- Los coeficientes del cultivo obtenidos para el tratamiento de mejor rendimiento: 100 % de reposición de la ETc, corresponden a 0,54; 0,89; 1,10 y 0,90, para la etapa inicial, de desarrollo, de mediados y final respectivamente.

- Los coeficientes de cultivo obtenidos en el ensayo guardan gran semejanza con los recomendados por la FAO.

- El coeficiente de calibración para el tanque artesanal obtenido, tiene una variación de 1,13 hasta 1,43 desde el inicio de la instalación del ensayo hasta la finalización.

- Se ha determinado un factor de ajuste entre el método de tanque evaporímetro artesanal (TA) y el método empírico de Thorthwaite (TH) correspondiente a 2,36

- los valores de evaporación del tanque evaporímetro "clase A" y los del tanque artesanal son semejantes, o no difieren estadísticamente

- La relación beneficio costo en todos los tratamientos incluido el testigo es buena con un valor superior a 1,0.

VI. RECOMENDACIONES

- Probar con otros métodos de riego tales como aspersión y riego por surcos, la aplicación de las diferentes láminas de reposición.

- Profundizar el estudio del tanque artesanal mejorando precisión de las lecturas, para el manejo del cultivo de maíz dentro de la zona de influencia del sistema de riego Zapotillo.

- Implementación del tanque artesanal, y aplicación de la programación de riego elaborada dentro de esta investigación

- Realizar el mismo estudio utilizando otras de las variedades de maíz y especies vegetales utilizadas por los agricultores de la zona.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ALLEN R.; PEREIRA L.; RAES D.; SMITH M. 2 006. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). Rome, It. 360 p.

- ALMOROX, J. 2009. Métodos de estimación de evapotranspiraciones ETP y ETr. Obtenido de http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-medioambiente.

- AVIDAN, A. 1 994. CINADCO (Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola). Determinación del régimen de riego de los cultivos, Fascículo 3: Calculo de las necesidades de riego. Jerus, Isrr, 58 p.

- CONSULTORA AMBIENTAL “BIOTIERRA”. 2 005. Estudio de impacto ambiental EXPOST, fase de construcción del Proyecto de Riego Zapotillo. Zapot, Ec, 190 p.

- COSV; UNL; AIDER. 2 011. Manual de agricultura Sostenible, Modulo 6: El riego en la parcela. Zapotillo, Ec. 84 pp.

- DOORENBOS J.; KASSAM A. 1 980. FAO Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos Manual No. 33. Roma, It. 185 p.

- **GIRALT, P. 1 984. Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje de la Habana, Requerimientos hídricos del cultivo del maíz. la Habana-Cuba. 80 p.**

- INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). 2 008. El cultivo de maíz. Chillán, Chile. 35 p.

- MALDONADO, T. 2 001. Manual de diseño de métodos de riego. Santiago de Chile, Chile. 139 p.

- MOLINA, R. 2 010. Evaluación de seis híbridos de maíz amarillo duro; INIAP H-601, INIAP H 553, HZCA 315, HZCA 317, HZCA 318, AUSTRO 1, frente a dos testigos, AGRI 104 Y DEKALB DK-7088, sembrados por el agricultor local, en San Juan - Cantón Pindal –Provincia de Loja. Tesis de Ing. Agrop-Ind. Cuenca, Ec., Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. 78 p.

- REVELO, A. 2 010. Desarrollo y evaluación de las tecnologías de un Snack laminado a partir de quinua. Tesis de Ing. Agroind. Quito, Ec., Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. 119 p.

- RIDRENSUR EP-GPL. 2 013. Padrón de usuarios y catastro de riego del sistema Zapotillo. Loja, Ec., 20p.

- RIVETTI, A. 2 006. Universidad Nacional de Río Cuarto- Facultad de Agronomía y Veterinaria Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina y Rendimiento en grano de maíz y sus componentes. Rio cuarto, Arg., 12 p.

- SEGURA, M; ANDRADE L. 2 011. Efecto de las condiciones agro meteorológicas sobre un cultivar criollo y dos híbridos de maíz en cuatro fechas de siembra. Tesis de Ing. Agrop. Santo Domingo, Ec., Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Ciencias de la Vida. 136 p.

- VALAREZO, C. Et al. 1 998. Condiciones Físicas de los Suelos de la Región Sur del Ecuador. Loja, Ec., 227 p.

- VALDIVIESO, V; HUACA, N. 2 003. Evaluación de dos tipos de fertilización orgánica y dos tensiones de humedad en la calidad y rendimiento del cultivo de gladiolo (*Gladiolus Primulinus*). Tesis de Ing.

Agric. Loja, Ec., Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. 158 p.

- *www.solagro.com.ec*

- *es.wikipedia.org/wiki/Lisímetro.*

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

INTERPRETACION DE LOS ANALISIS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE SUELOS

CALCULOS PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE FERTILIZANTE A APLICAR

La profundidad muestreada es de 20 cm o 2 dm.

La interpretacion de estos valores de fertilidad, corresponde a:

Elemento	Valor	Unidad	Interpretacion
N	30.06	ppm	MEDIO
P2O5	62.24	ppm	MUY ALTO
K2O	444.6	ppm	MUY ALTO
Ca	11.92	meq/100g	MEDIO
Mg	3.5	meq/100g	ALTO
Fe	33.2	ppm	MEDIO
Cu	3.8	ppm	MEDIO
Zn	0.61	ppm	BAJO
Mn	8.9	ppm	MEDIO
pH			
Textura:			Arcillosa

Con base a estos datos las recomendacionesde fertilizacion para el cultivo de maiz en relacion con la disponibilidad de nutrientes en el suelo son:

N:	90 ppm
P2O5:	20ppm
K2O:	20ppm

Los requerimientos de nutrientes del cultivo de maiz por tanto se pueden calcular al sumar la disponibilidad de nutrientes en el suelo mas las recomendaciones de fertilizacion, asi:

N=	30.06	+	90	=	120.06	ppm
P2O5=	62.24	+	20	=	82.24	ppm
K2O=	444.6	+	20	=	464.6	ppm

Es decir que el laboratorio recomienda para obtener una buena produccion, una formula de fertilizacion: 90-20-20 ppm.

Para abastecer los 90 ppm, 20 ppm de fosforo y 20 ppm de potasio recomendados por el laboratorio, se efetuò el calculo de la siguiente forma:

Kg/ha de P2O5= Cont. De nutriente en ppm * Espesor de capa de suelo en dm

Kg/ha de N=	90	ppm*	2	dm =	180	Kg/ha
Kg/ha de P2O5=	20	ppm*	2	dm =	40	Kg/ha
Kg/ha de K2O=	20	ppm*	2	dm =	40	Kg/ha

Como el Contenido del 10-30-10 es igual a:

N=	10	%
P2O5=	30	%
K2O=	10	%

:ntonces las cantidades a aplicar al cultivo de maiz fueron las siguientes

Kg/ha de 10-30-10= 133.33 Kg/ha para reponer el fosforo necesario

	100kg(10-30-10)		10Kg K2O
	133.33		X
	X=	13.33	Kg de K2O
		13.33	Kg de N

Potasio:	40	Kg/ha	-	13.33	26.67	Kg/ha restantes
Nitrogeno:	180	Kg/ha	-	13.33	166.67	Kg/ha restantes

Los restantes 26.67 Kg de potasio, se los completo con el Muriato de potasio al 62%

Entonces:	100kg(KCL)		62Kg K2O
	X		26.67
X=	43.02	Kg/ha de muriato de potasio	

Los restantes 166.67 Kg de nitrogeno, se los completo con urea al 46%

Entonces:	100kg(Urea)		46Kg N
	X		166.67
X=	268.82	Kg/ha de muriato de potasio	

Resumiendo se necesitan las siguientes cantidades de fertilizantes:

Fertilizante	Cantidad(Kg/ha)
10-30-10	133.33
Muriato de potasio	43
Urea	268.82

La aplicación de de la urea se la hizo en dos fases

ANEXO 2. MANEJO DEL CULTIVO DE MAIZ

Fig. 1 Terreno listo para la implementación del ensayo, Garza Real 2013.

Fig. 2 Plántula de maíz recién emergida. Garza Real 2013.

Fig. 3 Cultivo de maíz en la etapa inicial. Garza Real 2013.

Fig. 4 Aplicación del riego por goteo al cultivo. Garza Real 2013.

Fig. 5 Distribución de los tratamientos dentro del ensayo. Garza Real 2013.

Fig. 6 Determinación de la altura de la planta. Garza Real 2013

Fig. 7 Determinación de la profundidad radicular. Garza Real 2013

Fig. 8 Humedecimiento de la parcela testigo antes de la siembra. Garza Real 2013.

Fig. 9 Parcela testigo en su etapa inicial. Garza Real 2013.

Fig. 10 Cultivo de maíz en su etapa final. Garza Real 2013.

Fig. 11 Cultivo de parcela testigo en su etapa final. Garza Real 2013.

Fig. 12 Evaluación del rendimiento del cultivo. Garza Real 2013.

Fig. 13 Determinación del contenido de humedad en la evaluación del rendimiento del cultivo. Garza Real 2013.

ANEXO 3. INSTALACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Fig. 14 Hidrante utilizado como toma en el sistema de riego. Garza Real 2013.

Fig. 15 Instalación de tuberías abastecedoras del sistema de riego. Garza Real 2013.

Fig. 16 Sistema de riego por goteo completamente instalado. Garza Real 2013.

ANEXO 4. INSTALACION DEL LISIMETRO

Fig. 17 Construcción de calicata para instalación del lisímetro. Garza Real 2013.

Fig. 18 Siembra de pasto Sudan en el lisímetro. Garza Real 2013.

Fig. 19 Lisímetro funcionando. Garza Real 2013.

ANEXO 5. INSTALACION DEL TANQUE EVAPORIMETRO CLASE "A" Y ARTESANAL

Fig. 20 Estación meteorológica Zapotillo. Garza Real 2013.

Fig. 21 Tanque casero ubicado al lado del tanque clase "A". Garza Real 2013.

ANEXO 6. PRODUCTOS UTILIZADOS EN EL CONTROL FITOSANITARIO

Nombre común	Nombre científico	Producto	Ingrediente activo	Dosis/Ha	ii(%)
Gusano cogollero	*Spodoptera frugiperda*	Bala 55	Clorpirifos	200 cc	10

ANEXO 7. FACTORES Y NIVELES DE ESTUDIO

TRATAMIENTO	DESCRIPCION
1	T1= 75% de la ETc
2	T2= 100% de la ETc.(testigo)
3	T3= 125% de la ETc
4	T4= 150% de la ETc

ANEXO 8 OTROS DESCRIPTORES AGRONOMICOS EVALUADOS EN EL ENSAYO

Cuadro 1. Acame de raiz y tallo al momento de cosecha. Garza Real, 2013.

TRATAMIENTO	PARCELA	Nº PLANTAS ACAMADAS DE RAIZ	Nº PLANTAS ACAMADAS POR EL TALLO
T1	T1,R1	6	-
	T1,R2	-	-
	T1,R3	2	-
TOTAL T1:		8	0
T2	T2,R1	1	-
	T2,R2	-	-
	T2,R3	-	2
TOTAL T2:		1	2
T3	T3,R1	1	
	T3,R2	-	
	T3,R3	1	
TOTAL T3:		2	0
T4	T4,R1	-	
	T4,R2	-	
	T4,R3	-	
TOTAL T4:		0	0
TOTAL TESTIGO	1	2	5

Cuadro 2. Altura de mazorca, longitud y diametro de mazorca al momento de cosecha. Garza Real, 2013.

TRATAMIENTO	PLANTA	ALTURA DE MAZORCA(cm)	LONGITUD DE MAZORCA(cm)	DIAMETRO DE MAZORCA(cm)
T1	T1-1	95	19	4.5
	T1-2	101	18	4.5
	T1-3	95	17	5
	T1-4	120	18	4.5
	T1-5	136	19	4.5
PROMEDIO		109.4	18.2	4.6
T2	T2-1	107	18	5
	T2-2	109	17	5
	T2-3	164	16.5	4.5
	T2-4	129	18	5
	T2-5	120	17	5
PROMEDIO		125.8	17.3	4.9
T3	T3-1	104	20	4.5
	T3-2	122	19	4.5
	T3-3	105	17	4.5
	T3-4	105	17	4.5
	T3-5	108	17	4.5
PROMEDIO		108.8	18	4.5
T4	T4-1	105	19	5
	T4-2	126	18	4.5
	T4-3	110	19	4.5
	T4-4	104	18	4.5
	T4-5	120	19	4
PROMEDIO		113	18.6	4.5
TESTIGO	1	95	17	4
	2	130	17	4.5
	3	132	17	4
PROMEDIO		118	17	4.17

ANEXO 9 DETERMINACION DEL RENDIMIENTO DEL MAIZ

TRATAMIENTOS			TESTIGO		
DIST. ENTRE SURCOS:	0.8	m	DIST. ENTRE SURCOS:	0.8	m
DIST. ENTRE PLANTAS:	0.3	m	DIST. ENTRE PLANTAS:	0.3	m
Nº SURCOS EVALUADOS:	2		Nº SURCOS EVALUADO	2	
LONG. PARCELA:	5	m	LONG. PARCELA:	10	m
LONG. TOTAL PARCELA:	5.3	m	LONG. TOTAL PARCELA	10.3	m
AREA DE LOS SURCOS EVALU	8.48	m2	AREA DE LOS SURCOS E	16.48	m2

TRATAMIENTO	PARCELA	PESO EN CAMPO(KG)		PESO TOTAL/PARCELA	PESO GRANO SIN TUSA/PARCELA(gr)	PESO TUSA + GRANO/PARCELA(gr)	DESGRANE	INTERPRETACION				CONT. HUMEDAD(%)	MATERIA SECA	RENDIMIENTO(tn/Ha)	REND. MAX.(tn/Ha)
		SURCO 1	SURCO 2												
T1	T1,R1	3.9	3.8	7.7	566	748	0.76	76.	%TUSA;	24.	% GRANO	26	0.74	5.84	6.78
	T1,R2	4.4	4.6	9	604	822	0.73	73.	%TUSA;	27.	% GRANO	24.4	0.756	6.78	
	T1,R3	4.1	3.7	7.8	546	694	0.79	79.	%TUSA;	21.	% GRANO	22.7	0.773	6.43	
T2	T2,R1	4.4	4.6	9	733	968	0.76	76.	%TUSA;	24.	% GRANO	26.9	0.731	6.75	6.99
	T2,R2	4	4	8	690	881	0.78	78.	%TUSA;	22.	% GRANO	26.7	0.733	6.23	
	T2,R3	4.2	4.8	9	649	845	0.77	77.	%TUSA;	23.	% GRANO	25.4	0.746	6.99	
T3	T3,R1	4.4	4.2	8.6	581	779	0.75	75.	%TUSA;	25.	% GRANO	23.6	0.764	6.64	6.88
	T3,R2	4.2	4.3	8.5	611	806	0.76	76.	%TUSA;	24.	% GRANO	28.2	0.718	6.27	
	T3,R3	4	4.4	8.4	493	612	0.81	81.	%TUSA;	19.	% GRANO	25	0.75	6.88	
T3	T3,R1	3.9	4.3	8.2	545	735	0.74	74.	%TUSA;	26.	% GRANO	27.7	0.723	5.96	7.08
	T3,R2	4.8	4.4	9.2	607	808	0.75	75.	%TUSA;	25.	% GRANO	24.4	0.756	7.08	
	T3,R3	3.6	4	7.6	597	763	0.78	78.	%TUSA;	22.	% GRANO	24.5	0.755	6.09	
TESTIGO	TESTIGO	7.2	7.7	14.9	568	735	0.77	77.	%TUSA;	23.	% GRANO	26.1	0.739	5.93	

ANEXO 10. PRUEBA DE INFILTRACION POR EL METODO DE CILINDROS INFILTROMETROS

Lugar: GARZA REAL
Fecha 5-sep-12
Método: Cilindros Infiltrómetros
Textura: Arcilloso

Observador: Vicente Valdvieso
N° de Prueba: 1
N° de Cilindros: 1
Observaciones: Campo en descanso

DATOS DE CAMPO					DATOS DE CAMPO PROCESADOS					CALCULOS PARA MÍNIMOS CUADRADOS							
N°	TIEMPO		LAMINA [cm.]	OBSERVACIÓN	TIEMPO		LAMINA ACUMULADA [cm]	Vel. Infiltración [cm./hora]		X Log. Tiemp. Acum.	Y Log. Lamina. Acum.	X * Y	X^2	Y^2	Y2 Log. Vel. Inf. Instantanea	X * Y2	$Y2^2$
	Hora	Minuto		Reposición a 0,00 cm	PARCIAL	ACUMULADO		Instantanea	Promedio								
0	15	30	0.00		0	0	0		0	0	0				0.00000	0.00000	0.00000
1	15	31	0.50		01	01	0.50	30.00	30.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	15	32	1.00		01	02	1.00	30.00	30.00	0.30103	0.00000	0.00000	0.09062	0.00000	1.47712	0.44466	2.18188
3	15	35	1.40		03	05	1.40	8.00	16.80	0.69897	0.14613	0.10214	0.48856	0.02135	0.90309	0.63123	0.81557
4	15	40	2.20		05	10	2.20	9.60	13.20	1.00000	0.34242	0.34242	1.00000	0.11725	0.98227	0.98227	0.96485
5	16	00	3.00		20	30	3.00	2.40	6.00	1.47712	0.47712	0.70476	2.18188	0.22764	0.38021	0.56162	0.14456
6	16	15	4.00		15	45	4.00	4.00	5.33	1.65321	0.60206	0.99533	2.73310	0.36248	0.60206	0.99533	0.36248
7	16	30	4.80		15	60	4.80	3.20	4.80	1.77815	0.68124	1.21135	3.16182	0.46409	0.50515	0.89823	0.25518
8	17	00	5.50		30	90	5.50	1.40	3.67	1.95424	0.74036	1.44684	3.81905	0.54813	0.14613	0.28557	0.02135
9	17	30	6.80		30	120	6.80	2.60	3.40	2.07918	0.83251	1.73094	4.32299	0.69307	0.41497	0.86280	0.17220
							Sumatorias			10.94190	3.82184	6.53378	17.79802	2.43401	5.41100	5.66171	4.91807

Programa a prueba. **INFORME DE PRUEBA DE INFILTRACIÓN**

Lugar:	GARZA REAL	Observador:	Vicente Valdvieso
Fecha	5-sep-12	N° de Prueba:	1
Método:	Cilindros Infiltrómetros	N° de Cilindros:	1
Textura:	Arcilloso	Observaciones:	Campo en descanso

1. COMPROBACIÓN DE DATOS DE CAMPO INGRESADOS

Hora de Inicio de prueba=	15 H 30
Hora de Termino =	17 H 30
Tiempo Total Prueba =	2 Horas y 0 min. =120 min.
Comprobado, el ultimo Tiemp. acum = Tiempo total de Prueba	
Numero de Mediciones N =	9

2. RESULTADOS CALCULADOS

Numero de datos para promedios	n = 8
Sumatotia del log. tiempo acumulado	ΣX = 10.94190
Sumatotia del log. Lamina acumulada	ΣY = 3.82184
Sumatotia X*Y	ΣXY = 6.53378
Sumatotia X^2	ΣX2 = 17.79802
Sumatotia Y^2	ΣY^2 = 2.43401
Sumatotia del log. Vel Infil. Instantanea	ΣY2 = 5.41100
Sumatotia X*Y2	ΣXY2 = 5.66171
Sumatotia $Y2^2$	$\Sigma Y2^2$ = 4.91807

2.1. ECUACIONES

Ecuación de la Lamina Infiltrada Acumulada

$Icum = A\,T^{B}$

$$B = \frac{n(\sum XY)-(\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2)-(\sum X)^2}$$ B= 0.46128

$$A = 10^{\left(\frac{(\sum Y)-B(\sum X)}{n}\right)}$$ A= 0.70278

$Icum. = 0.70278\ T^{0.46128}$

donde:

Icum = Lamina Infiltrada acumulada en cm

T = Tiempo de Oportunidad en minutos

Grado de Confiabilidad del modelo

$$r^2 = \frac{\left[(\sum XY)-\frac{(\sum X)(\sum Y)}{n}\right]^2}{\left[(\sum X^2)-\frac{(\sum X)^2}{n}\right]\left[(\sum Y^2)-\frac{(\sum Y)^2}{n}\right]}$$ r^2 = 0.99089 Por tanto: Modelo Altamente Confiable

Ecuación de la Velocidad de Infiltración Basica.

$$I = \frac{\partial(Icum)}{\partial}$$

$$I = A \times B\left(T^{B-1}\right)$$

a) $I = 0.32418\ T^{-0.53872}$

donde:

I = Velocidad de infiltración basica en cm/min.

T = Tiempo de Oportunidad en minutos

b) $I = 19.4507\ T^{-0.53872}$

donde:

I = Velocidad de infiltración basica en cm/hora.

T = Tiempo de Oportunidad en minutos

c) $I = 194.50702T^{-0.53872}$

donde:

I = Velocidad de infiltración basica en mm/hora.

T = Tiempo de Oportunidad en minutos

Tiempo de Infiltración Basica [Tb]

Tb = - 600 (B-1) Tb = 323.232 min.

Velocidad de Infiltración basica [Ib]

remplazando en a)	remplazando en b)	remplazando en c)
Ib = 0.014 cm / min.	Ib = 0.865 cm / hora.	**Ib = 8.65 mm. / hora.**

Clasificación de la velocidad de Infiltración

Permeabilidad Moderadamente Lenta

Confrontación de la velocidad de infiltración obtenida con datos promedios.

Para suelo de Textura Arcilloso la Velocidad de Infiltración debe estar de 1 a 5 mm/hora

Ecuación de la Lamina Infiltrada Acumulada Instantanea

$I = a\,T^{b}$

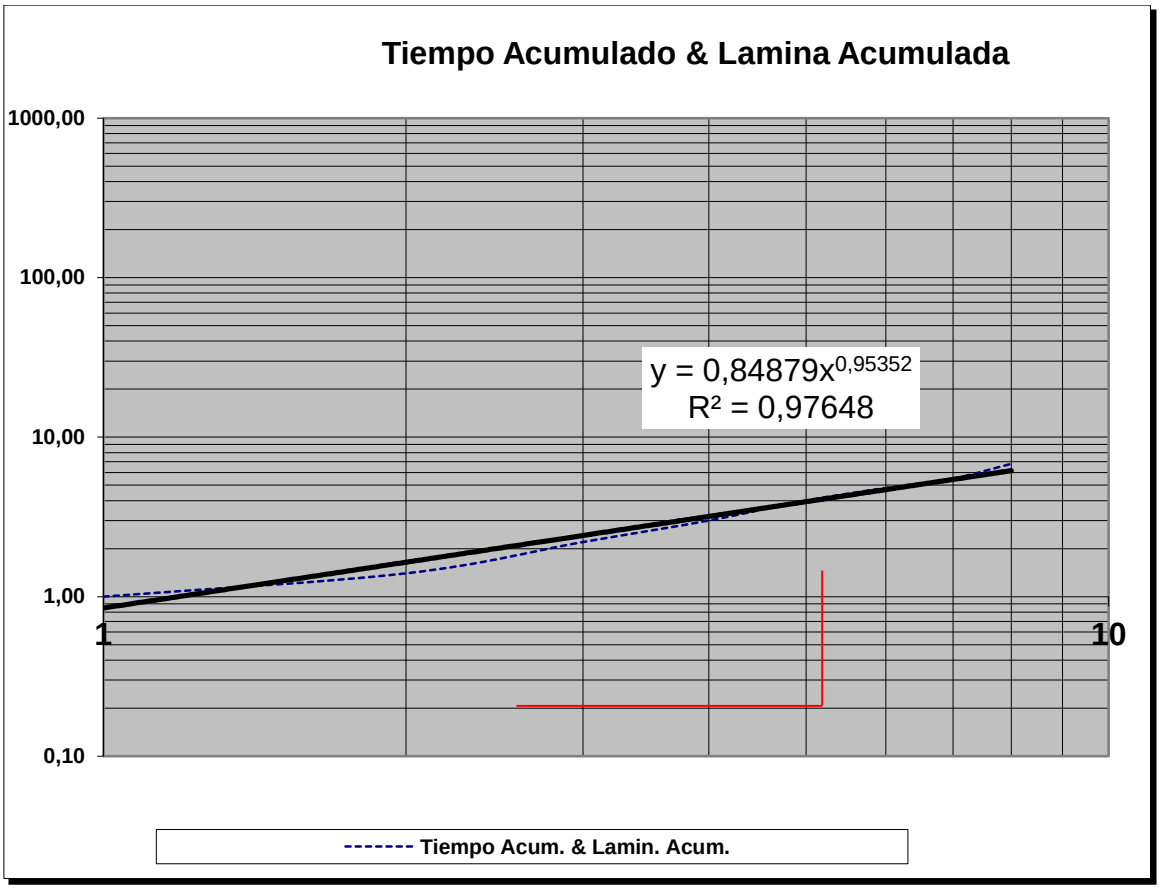
$$b = \frac{n(\sum XY2)-(\sum X)(\sum Y2)}{n(\sum X^2)-(\sum X)^2}$$ b = -0.61401

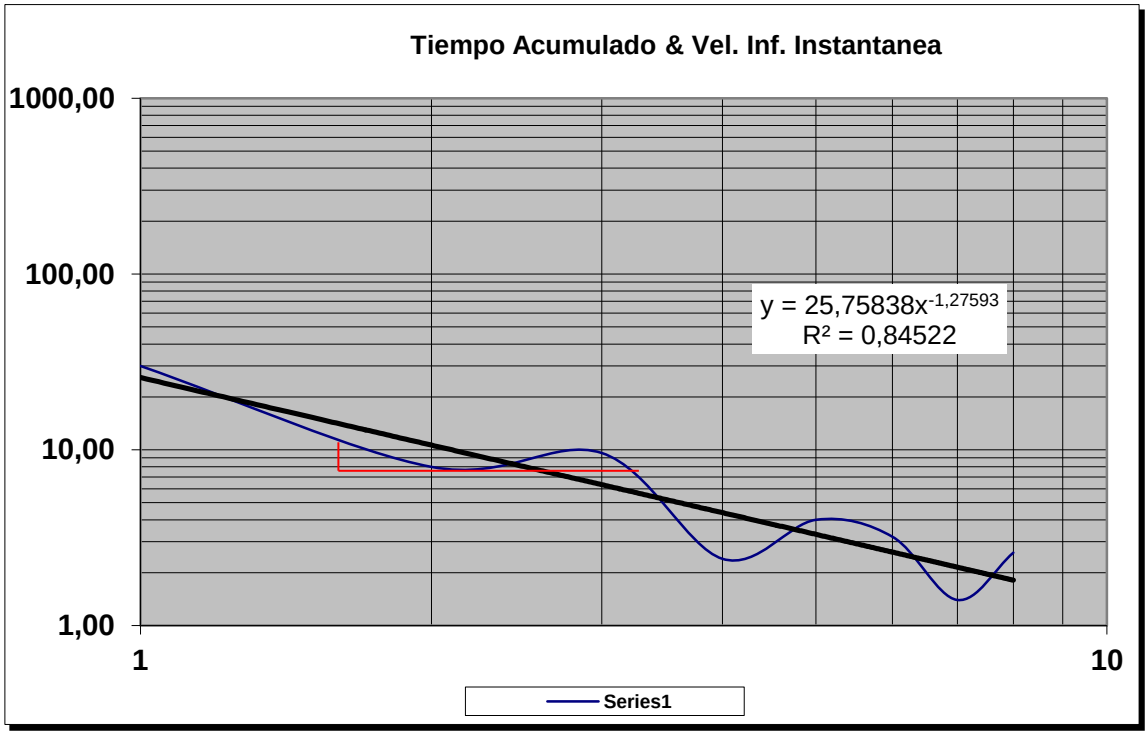
$$a = 10^{\left(\frac{(\sum Y2)-b(\sum X)}{n}\right)}$$ a = 32.82309

$I = 32.82309\ T^{-0.61401}$

Grado de Confiabilidad del modelo

$$r^2 = \frac{\left[(\sum XY2)-\frac{(\sum X)\ (\sum Y2)}{n}\right]^2}{\left[(\sum X^2)-\frac{(\sum X)^2}{n}\right]\left[(\sum Y2^2)-\frac{(\sum Y2)^2}{n}\right]}$$ r^2 = 0.8487 Por tanto: Modelo Confiable


Tiempo Acumulado & Lamina Acumulada
1000,00
100,00
10,00
1,00
0,10
1
10
y = 0,84879x^0,95352
R² = 0,97648
Tiempo Acum. & Lamin. Acum.


Tiempo Acumulado & Vel. Inf. Instantanea
1000,00
100,00
10,00
1,00
1
10
y = 25,75838x^-1,27593
R² = 0,84522
Series1

ANEXO 11. CLASIFICACION DE LA INFILTRACION BASICA

Clasificación según el ILRI (1965)

Infiltración Básica (mm/h)	Interpretación
< 2,5	Muy Baja
2,5 a 15	Baja
15 a 28	Media
28 a 33	Alta
>53	Muy Alta

Valores orientativos de Ib, según tipo de suelo

Tipo de suelo	Ib (mm/d)
Arenoso grueso	25 a 60
Arenoso fino	18 a 25
Franco arenoso	14 a 18
Franco limoso	10 a 14
Franco arcilloso	7 a 10
Arcilloso limoso	4 a 7
Arcilloso compacto	2 a 5

ANEXO 12. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Diseño agronómico

- **Evapotranspiración del cultivo máxima**

ETc= ETo max.* Kc

ETc max.= 4,80 mm/d* 1,05

ETc max.= 5,04 mm/d

- **Lamina de agua aprovechable**

LAA= (CC-PMP)* Da*Pr*10
LAA= (24,75%-10,65%)* 1,45 g/cc*0,7m*10
LAA= 143,11 mm

- **Lamina de agua rápidamente aprovechable (LARA)**

$$LARA = \frac{LAA * p}{100}$$

$$LARA = \frac{143{,}11 * 50\%}{100}$$

LARA= 71,55 mm

- **Lamina bruta o lamina de riego**

Lb= LARA / Efa
Lb= 71,55 mm / 0,9
Lb= 79,5 mm

- **Selección del tipo de gotero**

qmax. = (de*dh*Vib)*1000

qmax. = (0,3m*0,8m*8,65 mm/h)*1000

qmax= 2,076 l/h

d = qe /(0.785*Vib)

d = 1,75 l/h /(0.785*8,65 mm/h)

d= 0,67 m

$$Par = \frac{100 * 0,785 * Nep * d^2}{Dp * Dh}$$

$$Par = \frac{100 * 0,785 * 1 * (0,67m)^2}{0,3\ m * 0,8m}$$

Par = 147,52 %

Ip= Q gotero (l/h)*100 / (de*dh)*par(%)

Ip= 1,75 l/h*100 / (0,3m*0,8m)* 147,52 %

Ip= 4,94 mm/h

- **Frecuencia de riego**

$$Fr = \frac{LARA * Par}{ETc * 100}$$

$$Fr = \frac{71,55\ mm * 147,52\ \%}{5,04\ mm/d * 100}$$

Fr= 20 días

- **Tiempo de riego**

Tr= $\frac{Lb}{Ip}$

Tr= $\frac{79,5\ mm}{4,94\ mm/h}$

Tr= 16 Horas

2). Diseño hidráulico

- **Diseño del lateral**

Caudal del lateral:

Q Lat.= Q gotero* Nº goteros por lateral

Q Lat.= 1,75 l/h* 17

Q Lat.= 29,75 l/h

Selección del diámetro del lateral:

$$D = \sqrt{4} * \frac{Q}{\pi} * V * 1000$$

$$D = \sqrt{4} * \frac{0,00000826\ m3/s}{3,1416} * 0,04 m/s * 1000$$

D= 15,3 mm

$$hf = 1,21x10^{10} \text{x} (\frac{\text{Q}}{\text{C}})^{1,852} \text{ x D}^{-4,87} \text{x LxF}$$

$$F(n) = 1/n^{\propto+1} \text{x} \sum_{\text{i=1}}^{\text{n}} \text{i}^{\ \propto}$$

F($_{17}$)= 0,38

$hf = 1{,}21x10^{10}$x$(\frac{0{,}00000826}{150})^{1{,}852}$ x $0{,}0153^{-4{,}87}$x 5x0,38

hf= 0,0011m

Condición: hf < 20% de la presión del emisor. (0,2x 10m = 2m).

Como 0,0011m < 2m ACEPTADO

Presión en el lateral:

Pi= Pm + 3/4hf

Pi= 20m + ¾(0,0011m)

Pi= 20 m

H2 = Pm – 1/4hf - ½ ΔE

H2 = 20m – ¼(0,0011m) - ½ (0,1m)

H2 = 19,95m

- **Diseño de la tubería principal ,secundaria y terciaria**

QTerc= QLat.* Nº Lat. Funcionando simultáneamente

QTerc= $0{,}00000826\ m3/s$ * 3

QTerc= $\mathbf{0{,}0000248m3/s}$

QSec= QTerc.* Nº Terc. Funcionando simultáneamente

QSec= $0{,}0000248m3/s$ * 4

QSec= $\mathbf{0{,}0000992m3/s}$

Qppl = QSec * Nº Sec.

Qppl = $0{,}0000992m3/s$ * 3

Qppl = 0,000297 m3/s

$$DTerc. = \sqrt{4} * \frac{QTerc.}{\pi} * V * 1000$$

$$DTerc. = \sqrt{4} * \frac{0{,}0000248m3/s}{3{,}1416} * 0{,}14m/s * 1000$$

DTerc.= 17 mm = ½”

$$DSec. = \sqrt{4} * \frac{QSec.}{\pi} * V * 1000$$

$$DSec. = \sqrt{4} * \frac{0{,}000099m3/s}{3{,}1416} * 0{,}56m/s * 1000$$

DTerc.= 17 mm = ½”

$$Dppl = \sqrt{4} * \frac{Qppl}{\pi} * V * 1000$$

$$Dppl = \sqrt{4} * \frac{0{,}000297m3/s}{3{,}1416} * 0{,}95m/s * 1000$$

Dppl.= 22 mm = ¾”

Presiones:

HTerc.= Pm + 3/4hf - ΔE Terc.

HTerc.= 20m + ¾(0,003m) – 0,058m

HTerc.= 20 m

HSec.= Pm + 3/4hf - ΔE Sec.

HSec.= 20m + ¾(0,33m) – (0,364m)

HSec= 20,06m

Hppl = Pm + 3/4hf – ΔE ppl.

Hppl = 20m + ¾(0,29m) – (0,186m)

Hppl= 20,22 m

- **Caudal mínimo requerido**

Qmin req. = Qgotero * Nº goteros totales operando

Qmin req. = 1,75 l/h * 612

Qmin req.= 1071 l/h = 0,3 l/s

Y comprobamos la **condición**. Qmin req. < Q disponible

0,3 < 3,0 l/s ACEPTADO

ANEXO 13. ESTIMACION DE LOS COSTOS DEL EQUIPO DE RIEGO POR GOTEO

Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario $	Precio total $
TUB FLEX B/D 3/4" X 91 psi	m	20	0.35	7
TUB FLEX B/D 1/2" X 80 psi	m	85	0.3	25.5
LINEA DE GOTEO NETAFIM TIPHOON 1650 16 mm, 1.75 L/H, e= 0,3m	m	180	0.3	54
CODO PVC ROSC. 2" X 90º H	U	1	3	3
BUSHING REDUCTOR PP 2"X3/4"	U	1	1.5	1.5
ADAPTADOR FLEX 3/4" M	U	4	1.5	6
VALVULA DE COMPUERTA BRONCE 3/4"	U	1	17	17
VALVULA DE BOLA PLASTICA 1/2"	U	12	2	24
TEE REDUCTORA FLEX 3/4" X 1/2"	U	3	1.5	4.5
TAPON PVC ROSC 3/4"	U	1	0.8	0.8
ADAPTADOR FLEX 1/2" M	U	39	0.8	31.2
TAPON PVC ROSC 1/2"	U	15	0.5	7.5
CONECTOR INICIAL 16 mm PP	U	36	0.4	14.4
EMPAQUE PARA CONECTOR INICIAL 16 mm	U	36	0.2	7.2
TERMINAL PARA LINEA GOTEO 16 mm	U	12	0.2	2.4
TEFLON	U	15	0.2	3
TOTAL				**209**

ANEXO 14. TABLA DE AMORTIZACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL CULTIVO DE MAIZ.

Costo Sistema: $ 209,00

Interés: 17 %

Periodo de Amortización: 6 años

VALOR DE COMPRA	AÑO	CUOTA	INTERES	SALDO	CAPITAL + INTERES
209.00	1	34.83	35.53	174.17	70.36
174.17	2	34.83	29.61	139.34	64.44
139.34	3	34.83	23.69	104.51	58.52
104.51	4	34.83	17.77	69.68	52.60
69.68	5	34.83	11.85	34.85	46.68
34.85	6	34.83	5.92	-	40.75
		208.98	124.36		**333.34**

NEXO 15. COSTOS DE PRODUCCION PARA UNA HECTAREA DE MAIZ CON EL TRATAMIENTO 1.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT. $	COSTO TOTAL $
Mano de obra				**582**
Repique quema y control de malezas	Jornal	5	12	60
Trazado de parcelas	Jornal	6	12	72
Instalacion sistema de riego(amortizacion)	Global	1	30	30
Siembra	Jornal	5	12	60
Aplicación de herbicidas	Jornal	4	12	48
Aplicación de Insecticida	Jornal	4	12	48
Fertilizacion	Jornal	4	12	48
Riegos	Jornal	8	12	96
Cosecha y acarreo	Jornal	10	12	120
Insumos				**504.6**
Analisis de fertilidad del suelo	Global	1	20	20
Analisis de hidrofisico del suelo	Global	1	30	30
Semilla: Variedad INIAP 182	Kg	12.2	2	24.4
Urea	Saco	5.38	25	134.5
Muriato de potasio	Saco	0.86	40	34.4
Fertilizante completo 10-30-10	Saco	2.66	60	159.6
Gesaprin	Kg	2	8.5	17
Ranger	l	3	10	30
Clorpirifos	l	0.4	15	6
Estacas	U	0.05	828	41.4
Tanque evaporimetro(depreciacion)	U	1	7.3	7.3
Maquinaria y equipos				**215**
Arada	Hora	3	25	75
Desgranado con maquina	qq	140	1	140
Amortizacion de equipo y herramientas				**794.76**
Sistema de riego	Global	1	701.76	701.76
Renta del terreno	Global	1	58	58
Costo del agua	mes	4	5	20
Herramientas (depreciacion)	Global	1	15	15
TOTAL COSTOS DIRECTOS				**2,096.36**
COSTOS INDIRECTOS				**209.64**
Imprevistos 10%	Global			209.64
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN ($/Ha.)				**2,306.00**

RENTABILIDAD DEL CULTIVO PARA EL TRATAMIENTO 1		
Rendimiento:	140	qq
Lugar de venta:	Zapotillo	
Precio de venta:	18	Usd
Ingreso Bruto:	2520	
Ingreso Neto:	214.00	
Ingreso neto= Ingreso bruto - Gastos(costos de produccion)		
Relacion Beneficio costo =	Ingreso Bruto/ Costos produccion	
=	1.09	BUENA

NEXO 16. COSTOS DE PRODUCCION PARA UNA HECTAREA DE MAIZ CON EL TRATAMIENTO 2.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT. $	COSTO TOTAL $
Mano de obra				**582**
Repique quema y control de malezas	Jornal	5	12	60
Trazado de parcelas	Jornal	6	12	72
Instalacion sistema de riego(amortizacion)	Global	1	30	30
Siembra	Jornal	5	12	60
Aplicación de herbicidas	Jornal	4	12	48
Aplicación de Insecticida	Jornal	4	12	48
Fertilizacion	Jornal	4	12	48
Riegos	Jornal	8	12	96
Cosecha y acarreo	Jornal	10	12	120
Insumos				**504.6**
Analisis de fertilidad del suelo	Global	1	20	20
Analisis de hidrofisico del suelo	Global	1	30	30
Semilla: Variedad INIAP 182	Kg	12.2	2	24.4
Urea	Saco	5.38	25	134.5
Muriato de potasio	Saco	0.86	40	34.4
Fertilizante completo 10-30-10	Saco	2.66	60	159.6
Gesaprin	Kg	2	8.5	17
Ranger	l	3	10	30
Clorpirifos	l	0.4	15	6
Estacas	U	0.05	828	41.4
Tanque evaporimetro(depreciacion)	U	1	7.3	7.3
Maquinaria y equipos				**222**
Arada	Hora	3	25	75
Desgranado con maquina	qq	147	1	147
Amortizacion de equipo y herramientas				**794.76**
Sistema de riego	Global	1	701.76	701.76
Renta del terreno	Global	1	58	58
Costo del agua	mes	4	5	20
Herramientas (depreciacion)	Global	1	15	15
TOTAL COSTOS DIRECTOS				**2,103.36**
COSTOS INDIRECTOS				**210.34**
Imprevistos 10%	Global			210.34
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN ($/Ha.)				**2,313.70**

RENTABILIDAD DEL CULTIVO PARA EL TRATAMIENTO 2		
Rendimiento:	147	qq
Lugar de venta:	Zapotillo	
Precio de venta:	18	Usd
Ingreso Bruto:	2646	
Ingreso Neto:	332.30	
Ingreso neto= Ingreso bruto - Gastos(costos de produccion)		
Relacion Beneficio costo =	Ingreso Bruto/ Costos produccion	
=	1.14	BUENA

NEXO 17. COSTOS DE PRODUCCION PARA UNA HECTAREA DE MAIZ CON EL TRATAMIENTO 3.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT. $	COSTO TOTAL $
Mano de obra				**582**
Repique quema y control de malezas	Jornal	5	12	60
Trazado de parcelas	Jornal	6	12	72
Instalacion sistema de riego(amortizacion)	Global	1	30	30
Siembra	Jornal	5	12	60
Aplicación de herbicidas	Jornal	4	12	48
Aplicación de Insecticida	Jornal	4	12	48
Fertilizacion	Jornal	4	12	48
Riegos	Jornal	8	12	96
Cosecha y acarreo	Jornal	10	12	120
Insumos				**504.6**
Analisis de fertilidad del suelo	Global	1	20	20
Analisis de hidrofisico del suelo	Global	1	30	30
Semilla: Variedad INIAP 182	Kg	12.2	2	24.4
Urea	Saco	5.38	25	134.5
Muriato de potasio	Saco	0.86	40	34.4
Fertilizante completo 10-30-10	Saco	2.66	60	159.6
Gesaprin	Kg	2	8.5	17
Ranger	l	3	10	30
Clorpirifos	l	0.4	15	6
Estacas	U	0.05	828	41.4
Tanque evaporimetro(depreciacion)	U	1	7.3	7.3
Maquinaria y equipos				**220**
Arada	Hora	3	25	75
Desgranado con maquina	qq	145	1	145
Amortizacion de equipo y herramientas				**794.76**
Sistema de riego	Global	1	701.76	701.76
Renta del terreno	Global	1	58	58
Costo del agua	mes	4	5	20
Herramientas (depreciacion)	Global	1	15	15
TOTAL COSTOS DIRECTOS				**2,101.36**
COSTOS INDIRECTOS				**210.14**
Imprevistos 10%	Global			210.14
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN ($/Ha.)				**2,311.50**

RENTABILIDAD DEL CULTIVO PARA EL TRATAMIENTO 3		
Rendimiento:	145	qq
Lugar de venta:	Zapotillo	
Precio de venta:	18	Usd
Ingreso Bruto:	2610	
Ingreso Neto:	298.50	
Ingreso neto= Ingreso bruto - Gastos(costos de produccion)		
Relacion Beneficio costo =	Ingreso Bruto/ Costos produccion	
=	1.13	BUENA

NEXO 18. COSTOS DE PRODUCCION PARA UNA HECTAREA DE MAIZ CON EL TRATAMIENTO 4.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT. $	COSTO TOTAL $
Mano de obra				**582**
Repique quema y control de malezas	Jornal	5	12	60
Trazado de parcelas	Jornal	6	12	72
Instalacion sistema de riego(amortizacion)	Global	1	30	30
Siembra	Jornal	5	12	60
Aplicación de herbicidas	Jornal	4	12	48
Aplicación de Insecticida	Jornal	4	12	48
Fertilizacion	Jornal	4	12	48
Riegos	Jornal	8	12	96
Cosecha y acarreo	Jornal	10	12	120
Insumos				**504.6**
Analisis de fertilidad del suelo	Global	1	20	20
Analisis de hidrofisico del suelo	Global	1	30	30
Semilla: Variedad INIAP 182	Kg	12.2	2	24.4
Urea	Saco	5.38	25	134.5
Muriato de potasio	Saco	0.86	40	34.4
Fertilizante completo 10-30-10	Saco	2.66	60	159.6
Gesaprin	Kg	2	8.5	17
Ranger	l	3	10	30
Clorpirifos	l	0.4	15	6
Estacas	U	0.05	828	41.4
Tanque evaporimetro(depreciacion)	U	1	7.3	7.3
Maquinaria y equipos				**215**
Arada	Hora	3	25	75
Desgranado con maquina	qq	140	1	140
Amortizacion de equipo y herramientas				**794.76**
Sistema de riego	Global	1	701.76	701.76
Renta del terreno	Global	1	58	58
Costo del agua	mes	4	5	20
Herramientas (depreciacion)	Global	1	15	15
TOTAL COSTOS DIRECTOS				**2,096.36**
COSTOS INDIRECTOS				**209.64**
Imprevistos 10%	Global			209.64
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN ($/Ha.)				**2,306.00**

RENTABILIDAD DEL CULTIVO PARA EL TRATAMIENTO 4		
Rendimiento:	140	qq
Lugar de venta:	Zapotillo	
Precio de venta:	18	Usd
Ingreso Bruto:	2520	
Ingreso Neto:	214.00	
Ingreso neto= Ingreso bruto - Gastos(costos de produccion)		
Relacion Beneficio costo =	Ingreso Bruto/ Costos produccion	
=	1.09	BUENA

ANEXO 19. COSTOS DE PRODUCCION PARA UNA HECTAREA DE MAIZ CON EL TESTIGO.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT. $	COSTO TOTAL $
Mano de obra				**1086**
Repique quema y control de malezas	Jornal	5	12	60
Surcado(amortizacion)	Global	1	30	30
Siembra	Jornal	5	12	60
Aplicación de herbicidas	Jornal	4	12	48
Aplicación de Insecticida	Jornal	4	12	48
Fertilizacion	Jornal	4	12	48
Riegos	Jornal	56	12	672
Cosecha y acarreo	Jornal	10	12	120
Insumos				**463.5**
Analisis de fertilidad del suelo	Global	1	20	20
Analisis de hidrofisico del suelo	Global	1	30	30
Semilla: Variedad INIAP 182	Kg	16	2	32
Urea	Saco	5.38	25	134.5
Muriato de potasio	Saco	0.86	40	34.4
Fertilizante completo 10-30-10	Saco	2.66	60	159.6
Gesaprin	Kg	2	8.5	17
Ranger	l	3	10	30
Clorpirifos	l	0.4	15	6
Maquinaria y equipos				**205**
Arada	Hora	3	25	75
Desgranado con maquina	qq	130	1	130
Amortizacion de equipo y herramientas				**333.00**
Sistema de riego por surcos	Global	1	240	240
Renta del terreno	Global	1	58	58
Costo del agua	mes	4	5	20
Herramientas (depreciacion)	Global	1	15	15
TOTAL COSTOS DIRECTOS				**2,087.50**
COSTOS INDIRECTOS				**208.75**
Imprevistos 10%	Global			208.75
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN ($/Ha.)				**2,296.25**

RENTABILIDAD DEL CULTIVO PARA EL TESTIGO		
Rendimiento:	130	qq
Lugar de venta:	Zapotillo	
Precio de venta:	18	Usd
Ingreso Bruto:	2340	
Ingreso Neto:	43.75	
Ingreso neto= Ingreso bruto - Gastos(costos de produccion)		
Relacion Beneficio costo =	Ingreso Bruto/ Costos produccion	
=	1.02	BUENA

ANEXO 20: DETERMINACION DE LA ETo POR MEDIO DE THORNTHWAITE

ESTACION: Zapotillo **Altitud:** 170 msnm

MES	Dias	TEMP.(ºC)	i	a	e(mm/mes)	L	ETP(mm/mes)	ETP(mm/d)		Fases del cultivo	ETP prom. Por fase(mm/d)
Enero	30	27.1	12.920	3.539		1.04			4.69		
Febrero	28	27.5	13.210	3.539		0.95			**4.8**		
Marzo	31	27.3	13.065	3.539		1.04			4.77		
Abril	30	27	12.848	3.539		1.00			4.67		
Mayo	31	26.1	12.205	3.539	127.16	1.02	129.7	4.18			
Junio	30	24.7	11.228	3.539	104.62	0.99	103.6	3.45			
Julio	31	24.1	10.818	3.539	95.90	1.02	97.8	3.16			
Agosto	31	24.4	11.022	3.539	100.19	1.03	103.2	3.33			
Septiembre	30	25	11.435	3.539	109.19	1.00	109.2	3.64		Etapa inicial	3.78
Octubre	31	25.4	11.713	3.539	115.50	1.05	121.3	3.91		Etapa desarrollo	4.14
Noviembre	30	26.1	12.205	3.539	127.16	1.03	131.0	4.37		Etapa mediados	4.37
Diciembre	31	26.7	12.633	3.539		1.05			4.67	Etapa final	4.67
Media:		**25.95**									
I			**145.304**								
ETP Max.			**4.8**	mm/d							

Factor de corrección del número de días del mes, y la duración astronómica del día(L)

LATITUD SUR	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem	Octubre	Noviembre	Diciembre
5º	1.04	0.95	1.04	1.00	1.02	0.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.05
10º	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.1
15º	1.12	0.96	1.05	0.98	0.95	0.94	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20º	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1.00	1.08	1.09	1.15
46º	0.79	0.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	0.94	0.79	0.74
48º	0.76	0.80	1.02	1.12	1.31	1.33	1.34	1.28	1.05	0.98	0.77	0.72
50º	0.74	0.79	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.24	1.05	0.92	0.75	0.69
52º	0.71	0.77	1.02	1.16	1.35	1.39	1.39	1.26	1.05	0.91	0.73	0.67

ANEXO 21

CALENDARIO DE RIEGO EN BASE AL TANQUE EVAPORÍMETRO ARTESANAL PARA LA FASE INICIAL

DATOS:

Capacidad de campo	CC	24.75	%	# emisores / m2		9	
				Caudal del emisor	Qe=	**1.75**	l/h
Punto de marchitez	PMP	10.65	%	**CALCULOS DE BASE RELIZADOS:**			
Agua aprovechable	AU	15.65	%	Lámina max.	LAA :	6.7	cm
Densidad aparente	Da	1.45	gr/cm3	Lámina facilmente aprovechal	Ln =	3.37	cm
Prof. Raíz	Pr	33	cm		Ln =	33.7	mm
% agotamiento permisible de humedad		50	%	Lámina bruta de riego	**Lb =**	**37.483**	mm
Kp del tanque		0.75			**Lb =**	**37**	**mm redondeado**
Eficiencia de aplicación de rieg Ea		0.9					

FASE DEL CULTIVO	DDS	ET ART mm	Factor	ET mm	ET ac mm	Kc	Lb mm	Lb ac mm	Tr Hrs	Tr Hr	Tr min	OBSERVACIONES
	0											Riego de presiembra a CC
	1	10	1.13	8.8	**8.8**	0.56	4.1	**4.1**				
	2	11	1.13	9.7	**18.6**	0.56	4.5	**8.7**				
	3	9	1.13	8.0	**26.5**	0.56	3.7	**12.4**				
	4	10	1.13	8.8	**35.4**	0.56	4.1	**16.5**				
	5	9	1.13	8.0	**43.4**	0.56	3.7	**20.2**				
INICIAL	6	11	1.13	9.7	**53.1**	0.56	4.5	**24.8**				
	7	8	1.13	7.1	**60.2**	0.56	3.3	**28.1**				
	8	12	1.13	10.6	**70.8**	0.56	5.0	**33.0**				
	9	10	1.13	8.8	**79.6**	0.56	4.1	**37.2**	**7.2**	**7**	**14**	Riego
	10	11	1.13	9.7	**89.4**	0.56	4.5	**4.5**				
	11	8	1.13	7.1	**96.5**	0.56	3.3	**7.8**				
	12	11	1.13	9.7	**106.2**	0.56	4.5	**12.4**				
	13	9	1.13	8.0	**114.2**	0.56	3.7	**16.1**				
	14	11	1.13	9.7	**123.9**	0.56	4.5	**20.6**				
	15	10	1.13	8.8	**132.7**	0.56	3.7	**24.4**				
	16	11	1.13	9.7	**142.5**	0.56	4.1	**28.5**				
	17	10	1.13	8.8	**151.3**	0.56	3.7	**32.2**				
	18	11	1.13	9.7	**161.1**	0.56	4.1	**36.3**	**7.1**	**7**	**3**	Riego
	19	10	1.13	8.8	**169.9**	0.56	3.7	**3.7**				
	20	5	1.13	4.4	**174.3**	0.56	1.9	**5.6**				
	21	9	1.13	8.0	**182.3**	0.56	3.3	**8.9**				
	22	9	1.13	8.0	**190.3**	0.56	3.3	**12.3**				
	23	9	1.13	8.0	**198.2**	0.56	3.3	**15.6**				
	24	9	1.13	8.0	**206.2**	0.56	3.3	**19.0**	**3.7**	**3**	**41**	Riego

SIMBOLOGIA: ET ART= Evaporación en tanque evaporímetro artesanal Kc = Coeficiente del cultivo

ET = Evaporación del tanque corregida por factor de jus Lb ac = Lámina bruta acumulada

ET ac = Evaporación de tanque acumulada Tr = Tiempo de riego

DDS = Días después de la siembra

ANEXO 22

CALENDARIO DE RIEGO EN BASE AL TANQUE EVAPORÍMETRO ARTESANAL PARA LA FASE DE DESARROLLO

DATOS:

Capacidad de campo	CC	24.75	%	# emisores / m2		9	
				Caudal del emisor	Qe=	**1.75**	l/h
Punto de marchitez	PMP	10.65	%	**CALCULOS DE BASE RELIZADOS:**			
Agua aprovechable	AU	15.65	%	Lámina max.	LAA	9.2	cm
Densidad aparente	Da	1.45	gr/cm3	Lámina facilmente ap	Ln =	4.6	cm
Prof. Raíz	Pr	45	cm		Ln =	46.0	mm
% agotamiento permisible de humedad		50	%	Lámina bruta de riego	**Lb =**	**51.1**	mm
Kp del tanque		0.75			**Lb =**	**51**	**mm redondeado**
Eficiencia de aplicación de riego Ea		0.9					

FASE DEL CULTIVO	DDS	ET ART mm	Factor	ET mm	ET ac mm	Kc	Lb mm	Lb ac mm	Tr Hrs	Tr Hr	Tr min	OBSERVACIONES
	25	11	1.43	7.7	**7.7**	0.84	5.4	**5.4**				
	26	5	1.43	3.5	**11.2**	0.84	2.4	**7.8**				
	27	4	1.43	2.8	**14.0**	0.84	2.0	**9.8**				
	28	10	1.43	7.0	**21.0**	0.84	4.9	**14.7**				
	29	12	1.43	8.4	**29.4**	0.84	5.9	**20.6**				
DESARROLLO	30	12	1.43	8.4	**37.8**	0.84	5.9	**26.4**				
	31	11	1.43	7.7	**45.5**	0.84	5.4	**31.8**				
	32	9	1.43	6.3	**51.7**	0.84	4.4	**36.2**				
	33	11	1.43	7.7	**59.4**	0.84	5.4	**41.6**				
	34	11	1.43	7.7	**67.1**	0.84	5.4	**47.0**	**9.1**	**9**	**8**	Riego
	35	11	1.43	7.7	**74.8**	0.84	5.4	**5.4**				
	36	10	1.43	7.0	**81.8**	0.84	4.9	**10.3**				
	37	10	1.43	7.0	**88.8**	0.84	4.9	**15.2**				
	38	10	1.43	7.0	**95.8**	0.84	4.9	**20.1**				
	39	10	1.43	7.0	**102.8**	0.84	4.4	**24.5**				

SIMBOLOGIA: ET ART= Evaporación en tanque evaporímetro artesanal Kc = Coeficiente del cultivo
ET = Evaporación del tanque corregida por factor de jus Lb ac = Lámina bruta acumulada
ET ac = Evaporación de tanque acumulada Tr = Tiempo de riego
DDS = Días después de la siembra

ANEXO 23

CALENDARIO DE RIEGO EN BASE AL TANQUE EVAPORÍMETRO ARTESANAL PARA LA FASE MEDIADOS

DATOS:

Capacidad de campo	CC	24.75	%
Punto de marchitez	PMP	10.65	%
Agua aprovechable	AU	15.65	%
Densidad aparente	Da	1.45	gr/cm3
Prof. Raíz	Pr	51	cm
% agotamiento permisible de humed		50	%
Kp del tanque		0.75	
Eficiencia de aplicación de ri	Ea	0.9	

# emisores / m2		9	
Caudal del emisor	Qe=	**1.75**	l/h
CALCULOS DE BASE RELIZADOS:			
Lámina max.	LAA =	10.4	cm
Lámina facilmente a	Ln =	5.2	cm
	Ln =	52.1	mm
Lámina bruta de rie	**Lb =**	**57.9**	mm
Lb =	**58**	**mm redondeado**	

FASE DEL CULTIVO	DDS	ET ART mm	Factor	ET mm	ET ac mm	Kc	Lb mm	Lb ac mm	Tr Hrs	Tr Hr	Tr min	OBSERVACIONES
	40	6	1.25	4.8	**4.8**	1.15	4.6	**4.6**				
	41	8	1.25	6.4	**11.2**	1.15	6.1	**10.7**				
	42	12	1.25	9.6	**20.8**	1.15	9.2	**19.9**				
	43	12	1.25	9.6	**30.4**	1.15	9.2	**29.1**				
	44	11	1.25	8.8	**39.2**	1.15	8.4	**37.6**				
MEDIADOS	45	11	1.25	8.8	**48.0**	1.15	8.4	**46.0**				
	46	12	1.25	9.6	**57.6**	1.15	9.2	**55.2**	**10.7**	**10**	**44**	Riego
	47	11	1.25	8.8	**66.4**	1.15	8.4	**8.4**				
	48	8	1.25	6.4	**72.8**	1.15	6.1	**14.6**				
	49	8	1.25	6.4	**79.2**	1.15	6.1	**20.7**				
	50	10	1.25	8.0	**87.2**	1.15	7.7	**28.4**				
	51	11	1.25	8.8	**96.0**	1.15	8.4	**36.8**				
	52	11	1.25	8.8	**104.8**	1.15	8.4	**45.2**				
	53	11	1.25	8.8	**113.6**	1.15	8.4	**53.7**	**10.4**	**10**	**26**	Riego
	54	10	1.25	8.0	**121.6**	1.15	6.9	**6.9**				
	55	9	1.25	7.2	**128.8**	1.15	6.2	**13.1**				
	56	11	1.25	8.8	**137.6**	1.15	7.6	**20.7**				
	57	10	1.25	8.0	**145.6**	1.15	6.9	**27.6**				
	58	9	1.25	7.2	**152.8**	1.15	6.2	**33.8**				
	59	10	1.25	8.0	**160.8**	1.15	6.9	**40.7**				
	60	12	1.25	9.6	**170.4**	1.15	8.3	**49.0**				
	61	8	1.25	6.4	**176.8**	1.15	5.5	**54.5**	**10.6**	**10**	**36**	Riego
	62	10	1.25	8.0	**184.8**	1.15	6.9	**6.9**				
	63	11	1.25	8.8	**193.6**	1.15	7.6	**14.5**				
	64	12	1.25	9.6	**203.2**	1.15	8.3	**22.8**				
	65	11	1.25	8.8	**212.0**	1.15	7.6	**30.4**				
	66	12	1.25	9.6	**221.6**	1.15	8.3	**38.6**				
	67	10	1.25	8.0	**229.6**	1.15	6.9	**45.5**				
	68	10	1.25	8.0	**237.6**	1.15	6.9	**52.4**	**10.2**	**10**	**12**	Riego
	69	12	1.25	9.6	**247.2**	1.15	8.3	**8.3**				

SIMBOLOGIA: ET ART= Evaporación en tanque evaporímetro artesan Kc = Coeficiente del cultivo

ET = Evaporación del tanque corregida por factor de j Lb ac = Lámina bruta acumulada

ET ac = Evaporación de tanque acumulada Tr = Tiempo de riego

DDS = Días después de la siembra

ANEXO 24

CALENDARIO DE RIEGO EN BASE AL TANQUE EVAPORÍMETRO ARTESANAL PARA LA FASE DE FINALES

DATOS:

Capacidad de campo	CC	24.75	%	# emisores / m2		9	
				Caudal del emisor	Qe=	**1.75**	l/h
Punto de marchitez	PMP	10.65	%	**CALCULOS DE BASE RELIZADOS:**			
Agua aprovechable	AU	15.65	%	Lámina max.	LAA :	13.7	cm
Densidad aparente	Da	1.45	gr/cm3	Lámina facilmente a	Ln =	6.8	cm
Prof. Raíz	Pr	67	cm		Ln =	68.5	mm
% agotamiento permisible de humedad		50	%	Lámina bruta de rieg	**Lb =**	**76.10**	mm
Kp del tanque		0.75		**Lb =**	**76**	**mm redondeado**	
Eficiencia de aplicación de riegc	Ea	0.9					

FASE DEL CULTIVO	DDS	ET ART mm	Factor	ET mm	ET ac mm	Kc	Lb mm	Lb ac mm	Tr Hrs	Tr Hr	Tr min	OBSERVACIONES
	70	10	1.22	8.2	**8.2**	0.94	6.4	**6.4**				
	71	11	1.22	9.0	**17.2**	0.94	7.1	**13.5**				
	72	12	1.22	9.8	**27.0**	0.94	7.7	**21.2**				
	73	12	1.22	9.8	**36.9**	0.94	7.7	**28.9**				
	74	11	1.22	9.0	**45.9**	0.94	7.1	**36.0**				
FINALES	75	11	1.22	9.0	**54.9**	0.94	7.1	**43.0**				
	76	12	1.22	9.8	**64.8**	0.94	7.7	**50.7**				
	77	12	1.22	9.8	**74.6**	0.94	7.7	**58.4**				
	78	11	1.22	9.0	**83.6**	0.94	7.1	**65.5**				
	79	11	1.22	9.0	**92.6**	0.94	7.1	72.6	**14.1**	**14**	**6**	Riego
	80	12	1.22	9.8	**102.5**	0.94	7.7	**7.7**				
	81	12	1.22	9.8	**112.3**	0.94	7.7	**15.4**				
	82	13	1.22	10.7	**123.0**	0.94	8.3	**23.8**				
	83	11	1.22	9.0	**132.0**	0.94	7.1	**30.8**				
	84	12	1.22	9.8	**141.8**	0.94	7.7	**38.5**				
	85	12	1.22	9.8	**151.6**	0.94	7.7	**46.2**				
	86	12	1.22	9.8	**161.5**	0.94	7.7	**53.9**				
	87	13	1.22	10.7	**172.1**	0.94	8.3	**62.3**				
	88	13	1.22	10.7	**182.8**	0.94	8.3	70.6	**13.7**	**13**	**44**	Riego
	89	12	1.22	9.8	**192.6**	0.94	7.7	**7.7**				
	90	8	1.22	6.6	**199.2**	0.94	5.1	**12.8**				
	91	9	1.22	7.4	**206.6**	0.94	5.8	**18.6**				
	92	10	1.22	8.2	**214.8**	0.94	6.4	**25.0**				

SIMBOLOGIA: ET ART= Evaporación en tanque evaporímetro artesan Kc = Coeficiente del cultivo

ET = Evaporación del tanque corregida por factor de j Lb ac = Lámina bruta acumulada

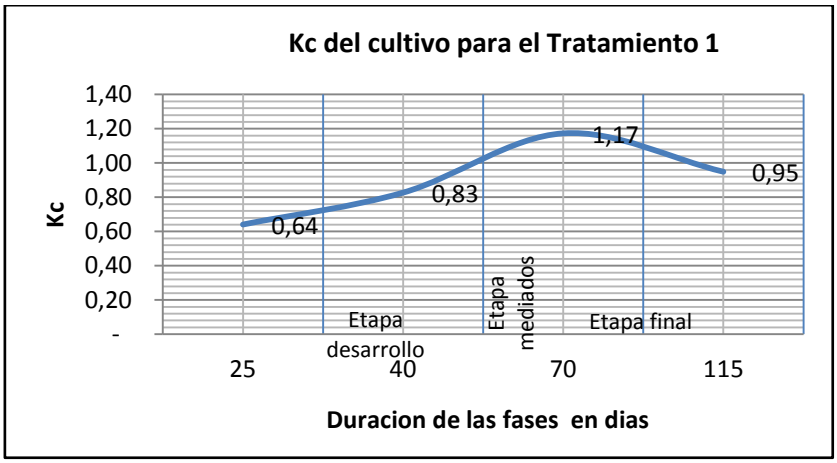
ET ac = Evaporación de tanque acumulada Tr = Tiempo de riego

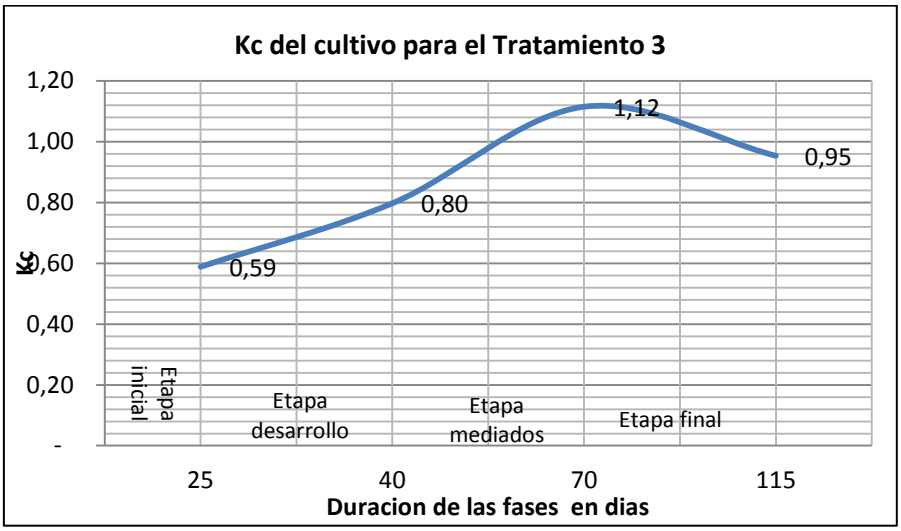
DDS = Días después de la siembra

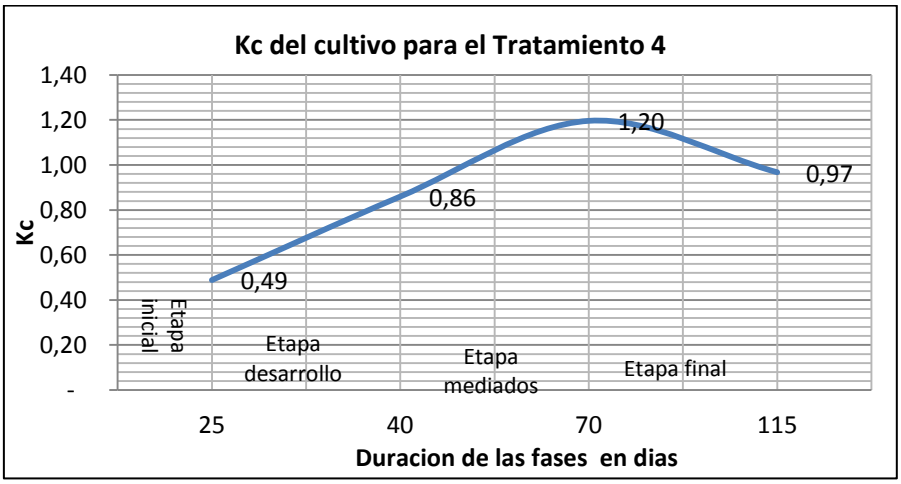
ANEXO 25 COEFICIENTE DE CULTIVO OBTENIDOS EN EL ENSAYO

PERIODO		ETAPA DE DESARROLLO	Tratamiento	ET0 Lisimetro(mm/d)	UC parcela experimental(mm/d)	Kc
			T1			
28/09/2012	01/10/2012	ETAPA INICIAL		9.47	6.30	0.67
		ETAPA INICIAL	T2	9.47	5.99	0.63
		ETAPA INICIAL	T3	9.47	5.63	0.59
		ETAPA INICIAL	T4	9.47	4.57	0.48
04/10/2012	07/10/2012	ETAPA INICIAL	T1	8.84	5.28	0.60
		ETAPA INICIAL	T2	8.84	4.48	0.51
		ETAPA INICIAL	T3	8.84	4.61	0.52
		ETAPA INICIAL	T4	8.84	3.83	0.43
10/10/2012	13/10/2012	ETAPA INICIAL	T1	8.84	5.66	0.64
		ETAPA INICIAL	T2	8.84	3.81	0.43
		ETAPA INICIAL	T3	8.84	5.72	0.65
		ETAPA INICIAL	T4	8.84	4.15	0.47
16/10/2012	19/10/2012	ETAPA INICIAL	T1	11.36	7.51	0.66
		ETAPA INICIAL	T2	11.36	6.74	0.59
		ETAPA INICIAL	T3	11.36	6.70	0.59
		ETAPA INICIAL	T4	11.36	6.47	0.57
22/10/2012	25/10/2012	ETAPA DE DESARROLLO	T1	5.05	3.00	0.59
		ETAPA DE DESARROLLO	T2	5.05	4.39	0.87
		ETAPA DE DESARROLLO	T3	5.05	4.33	0.86
		ETAPA DE DESARROLLO	T4	5.05	4.75	0.94
28/10/2012	31/10/2012	ETAPA DE DESARROLLO	T1	9.47	8.57	0.90
		ETAPA DE DESARROLLO	T2	9.47	7.65	0.81
		ETAPA DE DESARROLLO	T3	9.47	6.80	0.72
		ETAPA DE DESARROLLO	T4	9.47	7.54	0.80
03/11/2012	06/11/2012	ETAPA DE DESARROLLO	T1	7.58	7.44	0.98
		ETAPA DE DESARROLLO	T2	7.58	7.45	0.98
		ETAPA DE DESARROLLO	T3	7.58	6.19	0.82
		ETAPA DE DESARROLLO	T4	7.58	6.39	0.84
09/11/2012	12/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	T1	6.94	8.53	1.23
		ETAPA DE MEDIADOS	T2	6.94	7.55	1.09
		ETAPA DE MEDIADOS	T3	6.94	8.48	1.22
		ETAPA DE MEDIADOS	T4	6.94	8.93	1.29
15/11/2012	18/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	T1	9.72	11.04	1.14
		ETAPA DE MEDIADOS	T2	9.72	11.12	1.14
		ETAPA DE MEDIADOS	T3	9.72	10.01	1.03
		ETAPA DE MEDIADOS	T4	9.72	12.02	1.24
21/11/2012	24/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	T1	9.34	10.80	1.16
		ETAPA DE MEDIADOS	T2	9.34	9.99	1.07
		ETAPA DE MEDIADOS	T3	9.34	10.23	1.10
		ETAPA DE MEDIADOS	T4	9.34	9.96	1.07
27/11/2012	30/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	T1	10.73	13.55	1.26
		ETAPA DE MEDIADOS	T2	10.73	11.65	1.09
		ETAPA DE MEDIADOS	T3	10.73	12.77	1.19
		ETAPA DE MEDIADOS	T4	10.73	11.76	1.10
03/12/2012	06/12/2012	ETAPA DE MEDIADOS	T1	8.21	10.53	1.28
		ETAPA DE MEDIADOS	T2	8.21	9.50	1.16
		ETAPA DE MEDIADOS	T3	8.21	10.57	1.29
		ETAPA DE MEDIADOS	T4	8.21	9.14	1.11
09/12/2012	12/12/2012	ETAPA FINAL	T1	11.99	10.94	0.91
		ETAPA FINAL	T2	11.99	8.97	0.75
		ETAPA FINAL	T3	11.99	7.97	0.66
		ETAPA FINAL	T4	11.99	11.57	0.96
15/12/2012	18/12/2012	ETAPA FINAL	T1	11.99	9.94	0.83
		ETAPA FINAL	T2	11.99	10.75	0.90
		ETAPA FINAL	T3	11.99	10.81	0.90
		ETAPA FINAL	T4	11.99	12.46	1.04
21/12/2012	24/12/2012	ETAPA FINAL	T1	11.36	8.45	0.74
		ETAPA FINAL	T2	11.36	9.10	0.80
		ETAPA FINAL	T3	11.36	10.65	0.94
		ETAPA FINAL	T4	11.36	9.76	0.86
27/12/2012	30/12/2012	ETAPA FINAL	T1	14.27	9.47	0.66
		ETAPA FINAL	T2	14.27	10.23	0.72
		ETAPA FINAL	T3	14.27	10.58	0.74
		ETAPA FINAL	T4	14.27	10.48	0.73

ANEXO 26 CURVAS DE COEFICIENTES DE CULTIVO OBTENIDOS EN EL ENSAYO PARA CADA TRATAMIENTO







ANEXO 27. TIEMPOS DE RIEGO OBTENIDOS EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS

Fechas de toma de datos	ETAPA DE DESARROLLO	Lb(mm)	Lb de reposicion en tres dias(mm)	Nº de riego	TIEMPO DE RIEGO(horas)			
					TI(75% de la ETc)	T2 (100% de la ETc)	T3(125% de la ETc)	T4(150% de la ETc)
25/09/2012	ETAPA INICIAL	3.42						
26/09/2012	ETAPA INICIAL	3.31						
27/09/2012	ETAPA INICIAL	3.20	9.93					
28/09/2012	ETAPA INICIAL	1.43		1	1.51	2.01	2.51	3.01
29/09/2012	ETAPA INICIAL	3.53						
30/09/2012	ETAPA INICIAL	3.75	8.71					
01/10/2012	ETAPA INICIAL	3.53		2	1.32	1.76	2.20	2.65
02/10/2012	ETAPA INICIAL	3.64						
03/10/2012	ETAPA INICIAL	3.75	10.92					
04/10/2012	ETAPA INICIAL	3.75		3	1.66	2.21	2.76	3.32
05/10/2012	ETAPA INICIAL	3.09						
06/10/2012	ETAPA INICIAL	4.19	11.03					
07/10/2012	ETAPA INICIAL	3.42		4	1.67	2.23	2.79	3.35
08/10/2012	ETAPA INICIAL	3.64						
09/10/2012	ETAPA INICIAL	2.65	9.71					
10/10/2012	ETAPA INICIAL	3.53		5	1.47	1.96	2.46	2.95
11/10/2012	ETAPA INICIAL	3.20						
12/10/2012	ETAPA INICIAL	3.53	10.26					
13/10/2012	ETAPA INICIAL	3.20		6	1.56	2.08	2.60	3.11
14/10/2012	ETAPA INICIAL	3.64						
15/10/2012	ETAPA INICIAL	3.20	10.04					
16/10/2012	ETAPA INICIAL	3.53		7	1.52	2.03	2.54	3.05
17/10/2012	ETAPA INICIAL	3.20						
18/10/2012	ETAPA INICIAL	3.75	10.48					
19/10/2012	ETAPA INICIAL	2.98		8	1.59	2.12	2.65	3.18
20/10/2012	ETAPA INICIAL	2.98						
21/10/2012	ETAPA INICIAL	2.98	8.93					
22/10/2012	ETAPA INICIAL	2.87		9	1.36	1.81	2.26	2.71
23/10/2012	ETAPA DE DESARROLLO	4.79						
24/10/2012	ETAPA DE DESARROLLO	2.93	10.59					
25/10/2012	ETAPA DE DESARROLLO	2.16		10	1.61	2.14	2.68	3.22
26/10/2012	ETAPA DE DESARROLLO	4.17						
27/10/2012	ETAPA DE DESARROLLO	5.40	11.74					
28/10/2012	ETAPA DE DESARROLLO	5.25		11	1.78	2.38	2.97	3.56
29/10/2012	ETAPA DE DESARROLLO	5.10						
30/10/2012	ETAPA DE DESARROLLO	4.17	14.51					
31/10/2012	ETAPA DE DESARROLLO	5.25		12	2.20	2.94	3.67	4.41
01/11/2012	ETAPA DE DESARROLLO	5.40						
02/11/2012	ETAPA DE DESARROLLO	5.25	15.90					
03/11/2012	ETAPA DE DESARROLLO	4.17		13	2.41	3.22	4.02	4.83
04/11/2012	ETAPA DE DESARROLLO	4.48						
05/11/2012	ETAPA DE DESARROLLO	4.94	13.59					
06/11/2012	ETAPA DE DESARROLLO	4.63		14	2.06	2.75	3.44	4.13
07/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	4.86						
08/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	5.56	15.06					
09/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	8.57		15	2.29	3.05	3.81	4.57
10/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	8.11						
11/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	7.41	24.09					
12/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	7.64		16	3.66	4.88	6.10	7.31
13/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	8.34						
14/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	8.34	24.32					
15/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	4.63		17	3.69	4.92	6.15	7.38
16/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	4.40						
17/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	6.49	15.52					
18/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	7.64		18	2.36	3.14	3.93	4.71
19/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	7.64						
20/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	6.95	22.24					
21/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	6.72		19	3.38	4.50	5.63	6.75
22/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	5.79						
23/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	7.41	19.92					
24/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	6.49		20	3.02	4.03	5.04	6.05
25/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	6.02						
26/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	6.25	18.76					
27/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	8.11		21	2.85	3.80	4.75	5.70
28/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	5.33						
29/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	7.41	20.85					
30/11/2012	ETAPA DE MEDIADOS	8.11		22	3.16	4.22	5.27	6.33
01/12/2012	ETAPA DE MEDIADOS	8.11						
02/12/2012	ETAPA DE MEDIADOS	8.11	24.32					
03/12/2012	ETAPA DE MEDIADOS	8.57		23	3.69	4.92	6.15	7.38
04/12/2012	ETAPA DE MEDIADOS	7.18						
05/12/2012	ETAPA DE MEDIADOS	6.95	22.70					
06/12/2012	ETAPA DE MEDIADOS	8.34		24	3.45	4.59	5.74	6.89
07/12/2012	ETAPA FINAL	5.29						
08/12/2012	ETAPA FINAL	5.65	19.28					
09/12/2012	ETAPA FINAL	6.35		25	2.93	3.90	4.88	5.85
10/12/2012	ETAPA FINAL	6.18						
11/12/2012	ETAPA FINAL	6.00	18.53					
12/12/2012	ETAPA FINAL	6.00		26	2.81	3.75	4.69	5.63
13/12/2012	ETAPA FINAL	6.71						
14/12/2012	ETAPA FINAL	6.88	19.59					
15/12/2012	ETAPA FINAL	5.82		27	2.97	3.97	4.96	5.95
16/12/2012	ETAPA FINAL	5.65						
17/12/2012	ETAPA FINAL	6.00	17.47					
18/12/2012	ETAPA FINAL	6.71		28	2.65	3.54	4.42	5.30
19/12/2012	ETAPA FINAL	7.06						
20/12/2012	ETAPA FINAL	5.65	19.41					
21/12/2012	ETAPA FINAL	6.35		29	2.95	3.93	4.91	5.89
22/12/2012	ETAPA FINAL	6.53						
23/12/2012	ETAPA FINAL	6.88	19.76					
24/12/2012	ETAPA FINAL	7.06		30	3.00	4.00	5.00	6.00
25/12/2012	ETAPA FINAL	6.71						
26/12/2012	ETAPA FINAL	6.71	20.47					
27/12/2012	ETAPA FINAL	4.76		31	3.11	4.14	5.18	6.22
28/12/2012	ETAPA FINAL	4.59						
29/12/2012	ETAPA FINAL	5.82	15.18					
30/12/2012	ETAPA FINAL			32	2.30	3.07	3.84	4.61
		503.37	**513.78**	**32**	**75.70**	**100.93**	**126.17**	**151.40**

ANEXO 28 ET0 POR MEDIO DEL LISIMETRO				
Fechas de toma de datos	Volumen de entrada(Lt)	Volumen de salida(Lt)	Volumen retenido(Lt)	Lamina(Eto) mm/d
19/09/2012	30	18.5	11.5	14.52
21/09/2012	20	10	10	12.63
23/09/2012	15	6	9	11.36
25/09/2012	15	5.6	9.4	11.87
27/09/2012	16	10	6	7.58
29/09/2012	14	8	6	7.58
01/10/2012	13.5	6	7.5	9.47
03/10/2012	11	4.5	6.5	8.21
05/10/2012	16	7	9	11.36
07/10/2012	16	9	7	8.84
09/10/2012	15	8	7	8.84
11/10/2012	14	6	8	10.10
13/10/2012	16	9	7	8.84
15/10/2012	15	8	7	8.84
17/10/2012	16.5	10.5	6	7.58
19/10/2012	15	6	9	11.36
21/10/2012	12	6	6	7.58
23/10/2012	10	5	5	6.31
25/10/2012	9	5	4	5.05
27/10/2012	9	3	6	7.58
29/10/2012	8	2	6	7.58
31/10/2012	9	1.5	7.5	9.47
02/11/2012	10.5	4.5	6	7.58
04/11/2012	9	1.5	7.5	9.47
06/11/2012	10.5	4.5	6	7.58
08/11/2012	9	0.75	8.25	10.42
10/11/2012	10	4	6	7.58
12/11/2012	12	6.5	5.5	6.94
14/11/2012	9	1.5	7.5	9.47
16/11/2012	9	2.6	6.4	8.08
18/11/2012	11.5	3.8	7.7	9.72
20/11/2012	9.75	2.25	7.5	9.47
22/11/2012	9.75	1.5	8.25	10.42
24/11/2012	10.5	3.1	7.4	9.34
26/11/2012	9.75	1.5	8.25	10.42
28/11/2012	10	2	8	10.10
30/11/2012	11	2.5	8.5	10.73
02/12/2012	11	2.7	8.3	10.48
04/12/2012	9.75	1.5	8.25	10.42
06/12/2012	9	2.5	6.5	8.21
08/12/2012	12	4	8	10.10
10/12/2012	13	4	9	11.36
12/12/2012	14	4.5	9.5	11.99
14/12/2012	13	4.75	8.25	10.42
16/12/2012	14	5	9	11.36
18/12/2012	14.5	5	9.5	11.99
20/12/2012	13	4	9	11.36
22/12/2012	13	4	9	11.36
24/12/2012	13.5	4.5	9	11.36
26/12/2012	15	5	10	12.63
28/12/2012	15	4.5	10.5	13.26
30/12/2012	14	2.7	11.3	14.27

ANEXO 29 COEFICIENTES DE CALIBRACION CON EL TANQUE ARTESANAL

Fechas de toma de datos	Evaporacion tanque artesanal (mm)	Evaporacion tanque clase "A"(mm)	Kj(coeficiente calibracion)
20/09/2012	6	6.75	0.89
21/09/2012	5	7	0.71
22/09/2012	10	7	1.43
23/09/2012	5	8.5	0.59
24/09/2012	4	6.75	0.59
25/09/2012	10	7.75	1.29
26/09/2012	8	7.5	1.07
27/09/2012	11	7.25	1.52
28/09/2012	4	3.25	1.23
29/09/2012	10	8	1.25
30/09/2012	11	8.5	1.29
01/10/2012	9	8	1.13
02/10/2012	10	8.25	1.21
03/10/2012	9	8.5	1.06
04/10/2012	11	8.5	1.29
05/10/2012	8	7	1.14
06/10/2012	12	9.5	1.26
07/10/2012	10	7.75	1.29
08/10/2012	11	8.25	1.33
09/10/2012	8	6	1.33
10/10/2012	11	8	1.38
11/10/2012	9	7.25	1.24
12/10/2012	11	8	1.38
13/10/2012	10	7.25	1.38
14/10/2012	11	8.25	1.33
15/10/2012	10	7.25	1.38
16/10/2012	11	8	1.38
17/10/2012	10	7.25	1.38
18/10/2012	5	8.5	0.59
19/10/2012	9	6.75	1.33
20/10/2012	9	6.75	1.33
21/10/2012	9	6.75	1.33
22/10/2012	9	6.5	1.38
23/10/2012	11	7.75	1.42
24/10/2012	5	4.75	1.05
25/10/2012	4	3.5	1.14
26/10/2012	10	6.75	1.48
27/10/2012	12	8.75	1.37
28/10/2012	12	8.5	1.41
29/10/2012	11	8.25	1.33
30/10/2012	9	6.75	1.33
31/10/2012	11	8.5	1.29
01/11/2012	11	8.75	1.26
02/11/2012	11	8.5	1.29
03/11/2012	10	6.75	1.48
04/11/2012	10	7.25	1.38
05/11/2012	10	8	1.25
06/11/2012	10	7.5	1.33
07/11/2012	6	5.25	1.14
08/11/2012	8	6	1.33
09/11/2012	12	9.25	1.30
10/11/2012	12	8.75	1.37
11/11/2012	11	8	1.38
12/11/2012	11	8.25	1.33
13/11/2012	12	9	1.33
14/11/2012	11	9	1.22
15/11/2012	8	5	1.60
16/11/2012	8	4.75	1.68
17/11/2012	10	7	1.43
18/11/2012	11	8.25	1.33
19/11/2012	11	8.25	1.33
20/11/2012	11	7.5	1.47
21/11/2012	10	7.25	1.38
22/11/2012	9	6.25	1.44
23/11/2012	11	8	1.38
24/11/2012	10	7	1.43
25/11/2012	9	6.5	1.38
26/11/2012	10	6.75	1.48
27/11/2012	12	8.75	1.37
28/11/2012	8	5.75	1.39
29/11/2012	10	8	1.25
30/11/2012	11	8.75	1.26
01/12/2012	12	8.75	1.37
02/12/2012	11	8.75	1.26
03/12/2012	12	9.25	1.30
04/12/2012	10	7.75	1.29
05/12/2012	10	7.5	1.33
06/12/2012	12	9	1.33
07/12/2012	10	7.5	1.33
08/12/2012	11	8	1.38
09/12/2012	12	9	1.33
10/12/2012	12	8.75	1.37
11/12/2012	11	8.5	1.29
12/12/2012	11	8.5	1.29
13/12/2012	12	9.5	1.26
14/12/2012	12	9.75	1.23
15/12/2012	11	8.25	1.33
16/12/2012	11	8	1.38
17/12/2012	12	8.5	1.41
18/12/2012	12	9.5	1.26
19/12/2012	13	10	1.30
20/12/2012	11	8	1.38
21/12/2012	12	9	1.33
22/12/2012	12	9.25	1.30
23/12/2012	12	9.75	1.23
24/12/2012	13	10	1.30
25/12/2012	13	9.5	1.37
26/12/2012	12	9.5	1.26
27/12/2012	8	6.75	1.19
28/12/2012	9	6.5	1.38
29/12/2012	10	8.25	1.21
PROMEDIO	**10.04**		

Anexo. 30 Balance de humedad de la parcela experimental, Garza Real, 2013.

FECHA MUESTERO				ENTRADA						SALIDA		UC		UC Diario	
DESPUES DEL RIEGO	ANTES DEL RIEGO			Rerserva Inicial		Precipitacion		Riego	Total	Rerserva final					
		TRATAMIENTO	Nº DIAS	θi	m3/Ha	mm	m3/ha	m3/ha	m3/Ha	θi	m3/Ha	mm	m3/Ha	mm	m3/Ha
28/09/2012	01/10/2012	T1	3	21.05	1,000.04						811.01				
								74.45	1,074.49	17.07		18.90	189.03	6.30	63.01
		T2	3	21.43	1,017.90			99.26	1,117.16	17.65	838.27	17.96	179.63	5.99	59.88
		T3	3	21.74	1,032.65			124.08	1,156.73	18.18	863.67	16.90	168.98	5.63	56.33
		T4	3	22.03	1,046.65			148.90	1,195.55	19.15	909.61	13.70	137.04	4.57	45.68
04/10/2012	07/10/2012	T1	3	20.00	950.04			81.89	1,031.93	16.67	791.70	15.83	158.34	5.28	52.78
		T2	3	21.88	1,039.11			109.19	1,148.30	19.05	904.80	13.43	134.31	4.48	44.77
		T3	3	22.73	1,079.59			136.49	1,216.08	19.82	941.28	13.83	138.31	4.61	46.10
		T4	3	25.00	1,187.55			163.79	1,351.34	22.58	1,072.63	11.49	114.92	3.83	38.31
10/10/2012	13/10/2012	T1	3	25.00	1,187.55			72.79	1,260.34	21.43	1,017.90	16.97	169.65	5.66	56.55
		T2	3	26.83	1,274.44			97.06	1,371.50	24.42	1,160.19	11.43	114.26	3.81	38.09
		T3	3	31.91	1,516.02			121.32	1,637.34	28.30	1,344.40	17.16	171.63	5.72	57.21
		T4	3	34.69	1,648.03			145.59	1,793.62	32.08	1,523.65	12.44	124.38	4.15	41.46
16/10/2012	19/10/2012	T1	3	20.00	950.04			75.28	1,025.32	15.25	724.61	22.54	225.43	7.51	75.14
		T2	3	23.40	1,111.75			100.37	1,212.12	19.15	909.61	20.21	202.14	6.74	67.38
		T3	3	23.64	1,122.77			125.46	1,248.23	19.40	921.68	20.11	201.09	6.70	67.03
		T4	3	25.00	1,187.55			150.55	1,338.10	20.92	993.51	19.40	194.04	6.47	64.68
22/10/2012	25/10/2012	T1	3	22.22	1,438.86			67.00	1,505.87	20.83	1,348.94	8.99	89.93	3.00	29.98
		T2	3	22.81	1,476.73			89.34	1,566.07	20.77	1,345.03	13.17	131.70	4.39	43.90
		T3	3	27.59	1,786.18			111.67	1,897.85	25.58	1,656.37	12.98	129.81	4.33	43.27
		T4	3	28.13	1,821.06			134.01	1,955.07	25.93	1,678.67	14.24	142.39	4.75	47.46
28/10/2012	31/10/2012	T1	3	21.74	1,407.58			88.01	1,495.60	17.77	1,150.50	25.71	257.09	8.57	85.70
		T2	3	22.22	1,438.86			117.35	1,556.22	18.68	1,209.32	22.95	229.55	7.65	76.52
		T3	3	25.93	1,678.67			146.69	1,825.37	22.78	1,474.71	20.40	203.97	6.80	67.99
		T4	3	27.78	1,798.58			176.03	1,974.61	24.29	1,572.47	22.61	226.11	7.54	75.37
03/11/2012	06/11/2012	T1	3	24.14	1,562.90	1.19	11.9	119.28	1,694.09	20.69	1,339.63	22.33	223.27	7.44	74.42
		T2	3	26.53	1,717.83			159.04	1,876.87	23.08	1,494.20	22.36	223.62	7.45	74.54
		T3	3	27.87	1,804.48			198.81	2,003.28	25.00	1,618.72	18.58	185.75	6.19	61.92
		T4	3	30.30	1,962.09			238.57	2,200.65	27.34	1,770.29	19.18	191.80	6.39	63.93

09/11/2012	12/11/2012	T1	3	25.00	1,841.62			112.91	1,954.53	21.53	1,585.84	25.58	255.78	8.53	85.26
		T2	3	34.78	2,562.25			150.55	2,712.80	31.71	2,335.71	22.65	226.54	7.55	75.51
		T3	3	37.25	2,744.37			188.19	2,932.56	33.80	2,490.07	25.43	254.30	8.48	84.77
		T4	3	40.00	2,946.59			225.83	3,172.41	36.36	2,678.71	26.79	267.87	8.93	89.29
15/11/2012	18/11/2012	T1	3	21.74	1,601.41			182.40	1,783.80	17.24	1,270.08	33.13	331.33	11.04	110.44
		T2	3	24.53	1,806.87			243.20	2,050.07	20.00	1,473.29	33.36	333.58	11.12	111.19
		T3	3	25.93	1,909.82			304.00	2,213.82	21.85	1,609.48	30.03	300.34	10.01	100.11
		T4	3	26.76	1,971.31			364.80	2,336.11	21.86	1,610.59	36.07	360.72	12.02	120.24
21/11/2012	24/11/2012	T1	3	22.58	1,663.40	1	10	166.76	1,840.16	18.18	1,339.36	32.40	324.04	10.80	108.01
		T2	3	25.00	1,841.62			222.35	2,063.97	20.93	1,541.82	29.98	299.80	9.99	99.93
		T3	3	29.17	2,148.55			277.94	2,426.49	25.00	1,841.62	30.69	306.94	10.23	102.31
		T4	3	33.33	2,455.49			333.53	2,789.02	29.28	2,156.72	29.88	298.77	9.96	99.59
27/11/2012	30/11/2012	T1	3	27.27	2,642.84			140.71	2,783.55	23.08	2,236.25	40.66	406.59	13.55	135.53
		T2	3	30.43	2,949.25			187.61	3,136.86	26.83	2,599.87	34.94	349.39	11.65	116.46
		T3	3	31.71	3,072.57			234.51	3,307.08	27.75	2,689.41	38.32	383.16	12.77	127.72
		T4	3	33.33	3,230.14			281.42	3,511.55	29.69	2,877.36	35.28	352.78	11.76	117.59
03/12/2012	06/12/2012	T1	3	23.08	2,236.25			182.40	2,418.65	19.82	1,920.22	31.60	316.03	10.53	105.34
		T2	3	25.58	2,478.94			243.20	2,722.14	22.64	2,194.05	28.49	284.89	9.50	94.96
		T3	3	27.27	2,642.84			304.00	2,946.84	24.00	2,325.70	31.71	317.14	10.57	105.71
		T4	3	31.03	3,007.37			364.80	3,372.17	28.21	2,733.19	27.42	274.18	9.14	91.39
09/12/2012	12/12/2012	T1	3	22.73	2,202.37			144.60	2,346.96	19.34	1,874.28	32.81	328.09	10.94	109.36
		T2	3	25.00	2,422.60			192.79	2,615.40	22.22	2,153.42	26.92	269.18	8.97	89.73
		T3	3	32.00	3,100.93			240.99	3,341.92	29.53	2,861.93	23.90	239.00	7.97	79.67
		T4	3	34.62	3,354.37			289.19	3,643.56	31.03	3,007.37	34.70	347.00	11.57	115.67
15/12/2012	18/12/2012	T1	3	23.08	2,236.25			146.91	2,383.16	20.00	1,938.08	29.82	298.17	9.94	99.39
		T2	3	25.00	2,422.60			195.88	2,618.48	21.67	2,100.20	32.24	322.40	10.75	107.47
		T3	3	31.82	3,083.31			244.85	3,328.16	28.47	2,759.07	32.42	324.24	10.81	108.08
		T4	3	33.33	3,230.14			293.82	3,523.96	29.48	2,856.40	37.37	373.73	12.46	124.58
21/12/2012	24/12/2012	T1	3	25.42	2,463.66			145.59	2,609.25	22.81	2,210.09	25.36	253.57	8.45	84.52
		T2	3	29.63	2,871.23			194.12	3,065.35	26.81	2,598.15	27.31	273.08	9.10	91.03
		T3	3	31.03	3,007.37			242.65	3,250.02	27.74	2,687.85	31.95	319.52	10.65	106.51
		T4	3	32.43	3,142.84			291.18	3,434.01	29.41	2,850.12	29.27	292.72	9.76	97.57
27/12/2012	30/12/2012	T1	3	23.81	2,307.24			153.53	2,460.77	20.88	2,023.27	28.40	283.97	9.47	94.66
		T2	3	25.49	2,470.10			204.71	2,674.81	22.32	2,163.30	30.68	306.80	10.23	102.27
		T3	3	27.54	2,668.37			255.88	2,924.26	24.26	2,350.93	31.74	317.45	10.58	105.82
		T4	3	30.30	2,936.49			307.06	3,243.55	27.06	2,622.11	31.44	314.38	10.48	104.79

Anexo 31 Coeficiente Kt, para el tanque evaporímetro colocado en una superficie verde de poca altura

Distancia a barlovento a la cual cambia la cobertura D (m)	Velocidad del viento (m/s)	Humedad relativo Media		
		< 40 %	40-70%	>70%
		Kt		
0-9	<2	0,55	0,65	0,75
	2-5	0,50	0,60	0,65
	5-8	0,45	0,5	0,60
	>8	0,40	0,45	0,50
10-99	<2	0,65	0,75	0,85
	2-5	0,60	0,70	0,75
	5-8	0,55	0,60	0,65
	>8	0,45	0,55	0,60
100-999	<2	0,70	0,80	0,85
	2-5	0,65	0,75	0,80
	5-8	0,60	0,65	0,70
	>8	0,50	0,60	0,65
Más de 1000	<2	0,75	0,85	0,85
	2-5	0,70	0,80	0,80
	5-8	0,65	0,70	0,75
	>8	0,55	0,60	0,65

Anexo 32 Simulación hidráulica del sistema de riego por goteo

```
**********************************************************************
*                           E P A N E T                              *
*                  Análisis Hidráulico y de Calidad                  *
*                  para Redes de Distribución de Agua                *
*                           Version 2.0                              *
*                                                                    *
* Versión española: Grupo IDMH,UPV          Grupo Aguas de Valencia *
**********************************************************************
```

Tabla de Líneas y Nudos:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
p19	n2	n32	0.3	15.3
p20	n32	n33	0.3	15.3
p21	n33	n34	0.3	15.3
p22	n34	n35	0.3	15.3
p23	n35	n36	0.3	15.3
p24	n36	n37	0.3	15.3
p25	n37	n38	0.3	15.3
p29	n40	n41	0.3	15.3
p30	n41	n42	0.3	15.3
p31	n42	n43	0.3	15.3
p32	n43	n44	0.3	15.3
p33	n44	n45	0.3	15.3
p34	n45	n46	0.3	15.3
p35	n46	n47	0.3	15.3
p36	n48	n49	0.3	15.3
p37	n49	n50	0.3	15.3
p38	n50	n51	0.3	15.3
p39	n51	n52	0.3	15.3
p40	n52	n53	0.3	15.3
p41	n53	n54	0.3	15.3
p42	n54	n55	0.3	15.3
p46	n57	n58	0.3	15.3
p47	n58	n59	0.3	15.3
p48	n59	n60	0.3	15.3
p49	n60	n61	0.3	15.3
p50	n61	n62	0.3	15.3
p51	n62	n63	0.3	15.3
p52	n63	n64	0.3	15.3
p53	n65	n66	0.3	15.3
p54	n66	n67	0.3	15.3
p55	n67	n68	0.3	15.3
p56	n68	n69	0.3	15.3
p57	n69	n70	0.3	15.3
p58	n70	n71	0.3	15.3
p59	n71	n72	0.3	15.3
p63	n74	n75	0.3	15.3
p64	n75	n76	0.3	15.3
p65	n76	n77	0.3	15.3
p66	n77	n78	0.3	15.3
p67	n78	n79	0.3	15.3
p68	n79	n80	0.3	15.3
p69	n80	n81	0.3	15.3
p70	n82	n83	0.3	15.3
p71	n83	n84	0.3	15.3
p72	n84	n85	0.3	15.3
p73	n85	n86	0.3	15.3
p74	n86	n87	0.3	15.3
p75	n87	n88	0.3	15.3
p76	n88	n89	0.3	15.3
p80	n91	n92	0.3	15.3
p81	n92	n93	0.3	15.3
p82	n93	n94	0.3	15.3
p83	n94	n95	0.3	15.3
p84	n95	n96	0.3	15.3
p85	n96	n97	0.3	15.3
p86	n97	n98	0.3	15.3
p87	n99	n100	0.3	15.3
p88	n100	n101	0.3	15.3
p89	n101	n102	0.3	15.3
p90	n102	n103	0.3	15.3
p91	n103	n104	0.3	15.3
p92	n104	n105	0.3	15.3
p93	n105	n106	0.3	15.3
p97	n108	n109	0.3	15.3
p98	n109	n110	0.3	15.3
p99	n110	n111	0.3	15.3
p100	n111	n112	0.3	15.3
p101	n112	n113	0.3	15.3
p102	n113	n114	0.3	15.3
p103	n114	n115	0.3	15.3

p104	n116	n117	0.3	15.3
p105	n117	n118	0.3	15.3
p106	n118	n119	0.3	15.3
p107	n119	n120	0.3	15.3
p108	n120	n121	0.3	15.3
p109	n121	n122	0.3	15.3
p110	n122	n123	0.3	15.3
p114	n125	n126	0.3	15.3
p115	n126	n127	0.3	15.3
p116	n127	n128	0.3	15.3
p117	n128	n129	0.3	15.3
p118	n129	n130	0.3	15.3
p119	n130	n131	0.3	15.3
p120	n131	n132	0.3	15.3
p121	n133	n134	0.3	15.3
p122	n134	n135	0.3	15.3
p123	n135	n136	0.3	15.3
p124	n136	n137	0.3	15.3
p125	n137	n138	0.3	15.3
p126	n138	n139	0.3	15.3
p127	n139	n140	0.3	15.3
p131	n142	n143	0.3	15.3
p132	n143	n144	0.3	15.3
p133	n144	n145	0.3	15.3
p134	n145	n146	0.3	15.3
p135	n146	n147	0.3	15.3
p136	n147	n148	0.3	15.3
p137	n148	n149	0.3	15.3
p138	n150	n151	0.3	15.3
p139	n151	n152	0.3	15.3
p140	n152	n153	0.3	15.3
p141	n153	n154	0.3	15.3
p142	n154	n155	0.3	15.3
p143	n155	n156	0.3	15.3
p144	n156	n157	0.3	15.3
p148	n159	n160	0.3	15.3
p149	n160	n161	0.3	15.3
p150	n161	n162	0.3	15.3
p151	n162	n163	0.3	15.3
p152	n163	n164	0.3	15.3
p153	n164	n165	0.3	15.3
p154	n165	n166	0.3	15.3
p155	n167	n168	0.3	15.3
p156	n168	n169	0.3	15.3
p157	n169	n170	0.3	15.3
p158	n170	n171	0.3	15.3
p159	n171	n172	0.3	15.3
p160	n172	n173	0.3	15.3
p165	n176	n177	0.3	15.3
p166	n177	n178	0.3	15.3
p167	n178	n179	0.3	15.3
p168	n179	n180	0.3	15.3
p169	n180	n181	0.3	15.3
p170	n181	n182	0.3	15.3
p171	n182	n183	0.3	15.3
p172	n184	n185	0.3	15.3
p173	n185	n186	0.3	15.3
p174	n186	n187	0.3	15.3
p175	n187	n188	0.3	15.3
p176	n188	n189	0.3	15.3
p177	n189	n190	0.3	15.3
p178	n190	n191	0.3	15.3
p182	n193	n194	0.3	15.3
p183	n194	n195	0.3	15.3
p184	n195	n196	0.3	15.3
p185	n196	n197	0.3	15.3
p186	n197	n198	0.3	15.3
p187	n198	n199	0.3	15.3
p188	n199	n200	0.3	15.3
p189	n201	n202	0.3	15.3
p190	n202	n203	0.3	15.3
p191	n203	n204	0.3	15.3
p192	n204	n205	0.3	15.3
p193	n205	n206	0.3	15.3
p194	n206	n207	0.3	15.3
p195	n207	n208	0.3	15.3
p199	n210	n211	0.3	15.3
p200	n211	n212	0.3	15.3
p201	n212	n213	0.3	15.3
p202	n213	n214	0.3	15.3
p203	n214	n215	0.3	15.3
p204	n215	n216	0.3	15.3
p205	n216	n217	0.3	15.3
p206	n218	n219	0.3	15.3
p207	n219	n220	0.3	15.3
p208	n220	n221	0.3	15.3
p209	n221	n222	0.3	15.3
p210	n222	n223	0.3	15.3

p211	n223	n224	0.3	15.3
p212	n224	n225	0.3	15.3
p216	n227	n228	0.3	15.3
p217	n228	n229	0.3	15.3
p218	n229	n230	0.3	15.3
p219	n230	n231	0.3	15.3
p220	n231	n232	0.3	15.3
p221	n232	n233	0.3	15.3
p222	n233	n234	0.3	15.3
p223	n7	n235	0.3777	15.3
p224	n235	n236	0.3	15.3
p225	n236	n237	0.3	15.3
p226	n237	n238	0.3	15.3
p227	n238	n239	0.3	15.3
p228	n239	n240	0.3	15.3
p229	n240	n241	0.3	15.3
p230	n241	n242	0.3	15.3
p234	n244	n245	0.3	15.3
p235	n245	n246	0.3	15.3
p236	n246	n247	0.3	15.3
p237	n247	n248	0.3	15.3
p238	n248	n249	0.3	15.3
p239	n249	n250	0.3	15.3
p240	n250	n251	0.3	15.3
p241	n9	n252	0.3777	15.3
p242	n252	n253	0.3	15.3
p243	n253	n254	0.3	15.3
p244	n254	n255	0.3	15.3
p245	n255	n256	0.3	15.3
p246	n256	n257	0.3	15.3
p247	n257	n258	0.3	15.3
p248	n258	n259	0.3	15.3
p251	n260	n261	0.3	15.3
p252	n261	n262	0.3	15.3
p253	n262	n263	0.3	15.3
p254	n263	n264	0.3	15.3
p255	n264	n265	0.3	15.3
p256	n265	n266	0.3	15.3
p257	n266	n267	0.3	15.3
p258	n267	n268	0.3	15.3
p259	n11	n269	0.3777	15.3
p260	n269	n270	0.3	15.3
p261	n270	n271	0.3	15.3
p262	n271	n272	0.3	15.3
p263	n272	n273	0.3	15.3
p264	n273	n274	0.3	15.3
p265	n274	n275	0.3	15.3
p266	n275	n276	0.3	15.3
p270	n278	n279	0.3	15.3
p271	n279	n280	0.3	15.3
p272	n280	n281	0.3	15.3
p273	n281	n282	0.3	15.3
p274	n282	n283	0.3	15.3
p275	n283	n284	0.3	15.3
p276	n284	n285	0.3	15.3
p277	n21	n286	0.3777	15.3
p278	n286	n287	0.3	15.3
p279	n287	n288	0.3	15.3
p280	n288	n289	0.3	15.3
p281	n289	n290	0.3	15.3
p282	n290	n291	0.3	15.3
p283	n291	n292	0.3	15.3
p284	n292	n293	0.3	15.3
p288	n295	n296	0.3	15.3
p289	n296	n297	0.3	15.3
p290	n297	n298	0.3	15.3
p291	n298	n299	0.3	15.3
p292	n299	n300	0.3	15.3
p293	n300	n301	0.3	15.3
p294	n301	n302	0.3	15.3
p295	n19	n303	0.3777	15.3
p296	n303	n304	0.3	15.3
p297	n304	n305	0.3	15.3
p298	n305	n306	0.3	15.3
p299	n306	n307	0.3	15.3
p300	n307	n308	0.3	15.3
p301	n308	n309	0.3	15.3
p302	n309	n310	0.3	15.3
p306	n312	n313	0.3	15.3
p307	n313	n314	0.3	15.3
p308	n314	n315	0.3	15.3
p309	n315	n316	0.3	15.3
p310	n316	n317	0.3	15.3
p311	n317	n318	0.3	15.3
p312	n318	n319	0.3	15.3
p313	n17	n320	0.3777	15.3
p314	n320	n321	0.3	15.3
p315	n321	n322	0.3	15.3

p316	n322	n323	0.3	15.3
p317	n323	n324	0.3	15.3
p318	n324	n325	0.3	15.3
p319	n325	n326	0.3	15.3
p320	n326	n327	0.3	15.3
p324	n329	n330	0.3	15.3
p325	n330	n331	0.3	15.3
p326	n331	n332	0.3	15.3
p327	n332	n333	0.3	15.3
p328	n333	n334	0.3	15.3
p329	n334	n335	0.3	15.3
p330	n335	n336	0.3	15.3
p331	n23	n337	0.3777	15.3
p332	n337	n338	0.3	15.3
p333	n338	n339	0.3	15.3
p334	n339	n340	0.3	15.3
p335	n340	n341	0.3	15.3
p336	n341	n342	0.3	15.3
p337	n342	n343	0.3	15.3
p338	n343	n344	0.3	15.3
p342	n346	n347	0.3	15.3
p343	n347	n348	0.3	15.3
p344	n348	n349	0.3	15.3
p345	n349	n350	0.3	15.3
p346	n350	n351	0.3	15.3
p347	n351	n352	0.3	15.3
p348	n352	n353	0.3	15.3
p349	n25	n354	0.3777	15.3
p350	n354	n355	0.3	15.3
p351	n355	n356	0.3	15.3
p352	n356	n357	0.3	15.3
p353	n357	n358	0.3	15.3
p354	n358	n359	0.3	15.3
p355	n359	n360	0.3	15.3
p356	n360	n361	0.3	15.3
p360	n363	n364	0.3	15.3
p361	n364	n365	0.3	15.3
p362	n365	n366	0.3	15.3
p363	n366	n367	0.3	15.3
p364	n367	n368	0.3	15.3
p365	n368	n369	0.3	15.3
p366	n369	n370	0.3	15.3
p367	n27	n371	0.3777	15.3
p368	n371	n372	0.3	15.3
p369	n372	n373	0.3	15.3
p370	n373	n374	0.3	15.3
p371	n374	n375	0.3	15.3
p372	n375	n376	0.3	15.3
p373	n376	n377	0.3	15.3
p374	n377	n378	0.3	15.3
p378	n380	n381	0.3	15.3
p379	n381	n382	0.3	15.3
p380	n382	n383	0.3	15.3
p381	n383	n384	0.3	15.3
p382	n384	n385	0.3	15.3
p383	n385	n386	0.3	15.3
p384	n386	n387	0.3	15.3
p385	n30	n388	0.3777	15.3
p386	n388	n389	0.3	15.3
p387	n389	n390	0.3	15.3
p388	n390	n391	0.3	15.3
p389	n391	n392	0.3	15.3
p390	n392	n393	0.3	15.3
p391	n393	n394	0.3	15.3
p392	n394	n395	0.3	15.3
p396	n397	n398	0.3	15.3
p397	n398	n399	0.3	15.3
p398	n399	n400	0.3	15.3
p399	n400	n401	0.3	15.3
p400	n401	n402	0.3	15.3
p401	n402	n403	0.3	15.3
p402	n403	n404	0.3	15.3
p403	n29	n405	0.3777	15.3
p404	n405	n406	0.3	15.3
p405	n406	n407	0.3	15.3
p406	n407	n408	0.3	15.3
p407	n408	n409	0.3	15.3
p408	n409	n410	0.3	15.3
p409	n410	n411	0.3	15.3
p410	n411	n412	0.3	15.3
p414	n414	n415	0.3	15.3
p415	n415	n416	0.3	15.3
p416	n416	n417	0.3	15.3
p417	n417	n418	0.3	15.3
p418	n418	n419	0.3	15.3
p419	n419	n420	0.3	15.3
p420	n420	n421	0.3	15.3
p421	n28	n422	0.3777	15.3

p422	n422	n423	0.3	15.3
p423	n423	n424	0.3	15.3
p424	n424	n425	0.3	15.3
p425	n425	n426	0.3	15.3
p426	n426	n427	0.3	15.3
p427	n427	n428	0.3	15.3
p428	n428	n429	0.3	15.3
p432	n431	n432	0.3	15.3
p433	n432	n433	0.3	15.3
p434	n433	n434	0.3	15.3
p435	n434	n435	0.3	15.3
p436	n435	n436	0.3	15.3
p437	n436	n437	0.3	15.3
p438	n437	n438	0.3	15.3
p439	n439	n48	0.3777	15.3
p440	n440	n65	0.3777	15.3
p441	n441	n116	0.3777	15.3
p443	n443	n82	0.3777	15.3
p444	n444	n167	0.3777	15.3
p445	n445	n150	0.3777	15.3
p446	n446	n133	0.3777	15.3
p447	n447	n218	0.3777	15.3
p448	n448	n184	0.3777	15.3
p449	n449	n201	0.3777	15.3
1	n5	n448	1.3	17
4	n13	n449	0.8	17
5	n449	182	0.8	17
6	182	n29	0.8	17
7	n15	n447	0.9	17
8	n447	200	0.8	17
9	200	n30	0.8	17
10	n22	n444	1.3	17
11	n444	109	0.8	17
12	109	n23	0.8	17
13	n24	n445	0.9	17
14	n445	127	0.8	17
15	127	n25	0.8	17
16	n26	n446	0.9	17
17	n446	145	0.8	17
18	145	n27	0.8	17
19	n16	n443	1.3	17
20	n443	55	0.8	17
21	55	n17	0.8	17
22	n18	n442	0.8	17
23	n442	73	0.8	17
24	73	n19	0.8	17
25	n20	n441	0.9	17
26	n441	91	0.8	17
27	91	n21	0.8	17
28	n6	n1	1.3	17
29	n1	1	0.8	17
30	1	n7	0.8	17
31	n8	n439	0.8	17
32	n439	19	0.8	17
33	19	n9	0.8	17
34	n10	n440	0.9	17
35	n440	37	0.8	17
36	37	n11	0.8	17
38	3	4	0.3	15.3
39	4	5	0.3	15.3
40	5	6	0.3	15.3
41	6	7	0.3	15.3
42	7	8	0.3	15.3
43	8	9	0.3	15.3
45	13	14	0.3	15.3
46	14	15	0.3	15.3
48	16	17	0.3	15.3
49	17	18	0.3	15.3
50	55	56	0.3	15.3
51	56	57	0.3	15.3
52	57	58	0.3	15.3
53	58	59	0.3	15.3
55	61	62	0.3	15.3
56	62	63	0.3	15.3
57	63	64	0.3	15.3
58	64	65	0.3	15.3
59	65	66	0.3	15.3
60	66	67	0.3	15.3
61	67	68	0.3	15.3
62	68	69	0.3	15.3
63	69	70	0.3	15.3
64	70	71	0.3	15.3
66	73	74	0.3	15.3
67	74	75	0.3	15.3
68	75	76	0.3	15.3
69	76	77	0.3	15.3
70	77	78	0.3	15.3
71	78	79	0.3	15.3

72	79	80	0.3	15.3
73	80	81	0.3	15.3
74	81	82	0.3	15.3
75	82	83	0.3	15.3
76	83	84	0.3	15.3
77	84	85	0.3	15.3
78	85	86	0.3	15.3
79	86	87	0.3	15.3
80	87	88	0.3	15.3
83	39	40	0.3	15.3
84	40	41	0.3	15.3
85	41	42	0.3	15.3
86	42	43	0.3	15.3
87	43	44	0.3	15.3
88	44	45	0.3	15.3
90	47	48	0.3	15.3
91	48	49	0.3	15.3
92	49	50	0.3	15.3
94	52	53	0.3	15.3
95	53	54	0.3	15.3
96	91	92	0.3	15.3
97	92	93	0.3	15.3
98	93	94	0.3	15.3
99	94	95	0.3	15.3
100	95	96	0.3	15.3
101	96	97	0.3	15.3
102	97	98	0.3	15.3
104	100	101	0.3	15.3
105	101	102	0.3	15.3
106	102	103	0.3	15.3
107	103	104	0.3	15.3
108	104	105	0.3	15.3
109	105	106	0.3	15.3
111	145	146	0.38	15.3
112	146	147	0.3	15.3
113	147	148	0.3	15.3
114	148	149	0.3	15.3
115	149	150	0.3	15.3
116	150	151	0.3	15.3
117	151	152	0.3	15.3
119	154	155	0.3	15.3
120	155	156	0.3	15.3
121	156	157	0.3	15.3
122	157	158	0.3	15.3
123	158	159	0.3	15.3
124	159	160	0.3	15.3
125	160	162	0.3	15.3
126	162	163	0.3	15.3
127	127	128	0.38	15.3
128	128	129	0.3	15.3
129	129	130	0.3	15.3
130	130	131	0.3	15.3
131	131	132	0.3	15.3
132	132	133	0.3	15.3
133	133	134	0.3	15.3
134	134	135	0.3	15.3
135	135	136	0.3	15.3
136	136	137	0.3	15.3
137	137	138	0.3	15.3
138	138	139	0.3	15.3
139	139	140	0.3	15.3
140	140	141	0.3	15.3
141	141	142	0.3	15.3
142	142	143	0.3	15.3
143	143	144	0.3	15.3
144	109	110	0.38	15.3
145	110	111	0.3	15.3
146	111	112	0.3	15.3
148	114	115	0.3	15.3
149	115	116	0.3	15.3
150	116	117	0.3	15.3
151	117	118	0.3	15.3
152	118	119	0.3	15.3
153	119	120	0.3	15.3
154	120	121	0.3	15.3
155	121	122	0.3	15.3
156	122	123	0.3	15.3
157	123	124	0.3	15.3
158	124	125	0.3	15.3
159	125	126	0.3	15.3
160	164	165	0.38	15.3
161	165	166	0.3	15.3
162	166	167	0.3	15.3
163	167	168	0.3	15.3
164	168	169	0.3	15.3
166	171	172	0.3	15.3
167	172	173	0.3	15.3
168	173	174	0.3	15.3

172	178	179	0.3	15.3
173	179	180	0.3	15.3
175	182	183	0.38	15.3
176	183	184	0.3	15.3
177	184	185	0.3	15.3
178	185	186	0.3	15.3
180	188	189	0.3	15.3
181	189	190	0.3	15.3
182	190	191	0.3	15.3
184	193	194	0.3	15.3
185	194	195	0.3	15.3
186	195	196	0.3	15.3
187	196	197	0.3	15.3
188	197	198	0.3	15.3
190	200	201	0.38	15.3
191	201	202	0.3	15.3
192	202	203	0.3	15.3
193	203	204	0.3	15.3
194	204	205	0.3	15.3
195	205	206	0.3	15.3
196	206	207	0.3	15.3
197	207	208	0.3	15.3
198	208	209	0.3	15.3
199	209	210	0.3	15.3
200	210	211	0.3	15.3
201	211	212	0.3	15.3
202	212	213	0.3	15.3
203	213	214	0.3	15.3
204	214	215	0.3	15.3
205	215	217	0.3	15.3
207	19	20	0.38	15.3
208	20	21	0.3	15.3
210	23	24	0.3	15.3
211	24	25	0.3	15.3
212	25	26	0.3	15.3
213	26	27	0.3	15.3
214	27	28	0.3	15.3
215	28	29	0.3	15.3
216	29	30	0.3	15.3
217	30	31	0.3	15.3
218	31	32	0.3	15.3
219	32	33	0.3	15.3
220	33	34	0.3	15.3
221	34	35	0.3	15.3
222	35	36	0.3	15.3
3	180	181	0.3	15.3
174	198	199	0.3	15.3
189	217	218	0.3	15.3
2	n448	164	0.8	17
206	164	n28	0.8	17
223	n55	161	0.3	15.3
224	161	n57	0.3	15.3
225	n259	n260	0.3	15.3
226	n242	216	0.3	15.3
227	216	n244	0.3	15.3
228	n72	219	0.3	15.3
229	219	n74	0.3	15.3
230	37	38	0.38	15.3
231	38	39	0.3	15.3
232	45	46	0.3	15.3
233	46	47	0.3	15.3
234	50	51	0.3	15.3
235	51	52	0.3	15.3
236	n276	220	0.3	15.3
237	220	n278	0.3	15.3
238	21	221	0.3	15.3
239	221	23	0.3	15.3
240	1	222	0.38	15.3
241	222	3	0.3	15.3
242	9	10	0.3	15.3
243	10	223	0.3	15.3
244	223	12	0.3	15.3
245	12	13	0.3	15.3
246	15	16	0.3	15.3
247	n89	224	0.3	15.3
248	224	n91	0.3	15.3
249	n327	225	0.3	15.3
250	225	n329	0.3	15.3
251	n106	226	0.3	15.3
252	226	n108	0.3	15.3
253	88	89	0.3	15.3
254	89	90	0.3	15.3
255	n310	227	0.3	15.3
256	227	n312	0.3	15.3
257	n123	228	0.3	15.3
258	228	n125	0.3	15.3
259	106	107	0.3	15.3
260	107	108	0.3	15.3

261	n293	229	0.3	15.3
262	229	n295	0.3	15.3
263	n173	230	0.3	15.3
264	230	231	0.3	15.3
265	231	n176	0.3	15.3
266	n344	232	0.3	15.3
267	232	n346	0.3	15.3
268	n157	233	0.3	15.3
269	233	n159	0.3	15.3
270	n361	234	0.3	15.3
271	234	n363	0.3	15.3
272	n378	235	0.3	15.3
273	235	n380	0.3	15.3
274	n191	236	0.3	15.3
275	236	n193	0.3	15.3
277	176	237	0.3	15.3
278	237	178	0.3	15.3
279	n429	238	0.3	15.3
280	238	n431	0.3	15.3
281	n208	239	0.3	15.3
282	239	n210	0.3	15.3
283	186	187	0.3	15.3
284	187	188	0.3	15.3
285	191	192	0.3	15.3
286	192	193	0.3	15.3
287	n412	240	0.3	15.3
288	240	n414	0.3	15.3
289	n225	241	0.3	15.3
290	241	n227	0.3	15.3
291	n395	242	0.3	15.3
292	242	n397	0.3	15.3
293	n38	243	0.3	15.3
294	243	n40	0.3	15.3
295	n140	244	0.3	15.3
296	244	n142	0.3	15.3
297	59	245	0.3	15.3
298	245	61	0.3	15.3
299	n442	n99	0.3	15.3
300	98	99	0.3	15.3
301	99	100	0.3	15.3
302	112	113	0.3	15.3
303	113	114	0.3	15.3
304	152	153	0.3	15.3
305	153	154	0.3	15.3
306	169	170	0.3	15.3
307	170	171	0.3	15.3
308	174	175	0.3	15.3
309	175	176	0.3	15.3
310	n1	n2	0.38	15.3
312	n3	n12	3.9	22
313	n3	n6	0.4	17
314	n6	n16	5.7	17
315	n16	n22	6.1	17
316	n22	n5	6	17
317	n12	n8	0.4	17
318	n8	n18	5.7	17
319	n18	n24	6.1	17
320	n24	n13	6	17
321	n26	n15	6	17
322	n20	n26	6.1	17
323	n10	n20	5.7	17
324	n14	n12	3.3	22
325	hidrante	n14	6.9	22
326	71	72	0.3	15.3
327	n14	n10	0.3	17

Resultados en los Nudos:

ID Nudo	Demanda LPM	Altura m	Presión m	Calidad m
n1	0.00	247.64	24.77	0.00
n2	0.03	247.64	24.77	0.00
n3	0.00	247.65	24.79	0.00
n5	0.00	247.53	24.85	0.00
n6	0.00	247.64	24.78	0.00
n7	0.00	247.64	24.75	0.00
n8	0.00	247.67	24.77	0.00
n9	0.00	247.66	24.73	0.00
n10	0.00	247.73	24.80	0.00
n11	0.00	247.73	24.78	0.00
n12	0.00	247.67	24.78	0.00

n13	0.00	247.56	24.84	0.00
n14	0.00	247.74	24.80	0.00
n15	0.00	247.62	24.87	0.00
n16	0.00	247.58	24.77	0.00
n17	0.00	247.57	24.74	0.00
n18	0.00	247.60	24.76	0.00
n19	0.00	247.60	24.73	0.00
n20	0.00	247.66	24.79	0.00
n21	0.00	247.66	24.76	0.00
n22	0.00	247.54	24.80	0.00
n23	0.00	247.54	24.77	0.00
n24	0.00	247.56	24.78	0.00
n25	0.00	247.56	24.77	0.00
n26	0.00	247.63	24.81	0.00
n27	0.00	247.63	24.79	0.00
n28	0.00	247.53	24.82	0.00
n29	0.00	247.55	24.81	0.00
n30	0.00	247.62	24.84	0.00
n32	0.03	247.64	24.78	0.00
n33	0.03	247.64	24.78	0.00
n34	0.03	247.64	24.78	0.00
n35	0.03	247.64	24.78	0.00
n36	0.03	247.64	24.79	0.00
n37	0.03	247.64	24.79	0.00
n38	0.03	247.64	24.79	0.00
n40	0.03	247.64	24.80	0.00
n41	0.03	247.64	24.80	0.00
n42	0.03	247.64	24.80	0.00
n43	0.03	247.64	24.81	0.00
n44	0.03	247.64	24.81	0.00
n45	0.03	247.64	24.81	0.00
n46	0.03	247.64	24.82	0.00
n47	0.03	247.64	24.82	0.00
n48	0.03	247.66	24.75	0.00
n49	0.03	247.66	24.76	0.00
n50	0.03	247.66	24.76	0.00
n51	0.03	247.66	24.76	0.00
n52	0.03	247.66	24.76	0.00
n53	0.03	247.66	24.77	0.00
n54	0.03	247.66	24.77	0.00
n55	0.03	247.66	24.77	0.00
n57	0.03	247.66	24.78	0.00
n58	0.03	247.66	24.78	0.00
n59	0.03	247.66	24.78	0.00
n60	0.03	247.66	24.79	0.00
n61	0.03	247.66	24.79	0.00
n62	0.03	247.66	24.79	0.00
n63	0.03	247.66	24.80	0.00
n64	0.03	247.66	24.80	0.00
n65	0.03	247.73	24.79	0.00
n66	0.03	247.73	24.80	0.00
n67	0.03	247.73	24.80	0.00
n68	0.03	247.73	24.80	0.00
n69	0.03	247.73	24.80	0.00
n70	0.03	247.73	24.81	0.00
n71	0.03	247.73	24.81	0.00
n72	0.03	247.73	24.81	0.00
n74	0.03	247.73	24.82	0.00
n75	0.03	247.73	24.82	0.00
n76	0.03	247.73	24.82	0.00
n77	0.03	247.73	24.83	0.00
n78	0.03	247.73	24.83	0.00
n79	0.03	247.73	24.83	0.00
n80	0.03	247.73	24.84	0.00
n81	0.03	247.73	24.84	0.00
n82	0.03	247.57	24.76	0.00
n83	0.03	247.57	24.77	0.00
n84	0.03	247.57	24.77	0.00
n85	0.03	247.57	24.77	0.00
n86	0.03	247.57	24.77	0.00
n87	0.03	247.57	24.78	0.00
n88	0.03	247.57	24.78	0.00
n89	0.03	247.57	24.78	0.00
n91	0.03	247.57	24.79	0.00
n92	0.03	247.57	24.79	0.00
n93	0.03	247.57	24.79	0.00
n94	0.03	247.57	24.80	0.00
n95	0.03	247.57	24.80	0.00
n96	0.03	247.57	24.80	0.00
n97	0.03	247.57	24.81	0.00
n98	0.03	247.57	24.81	0.00
n99	0.03	247.60	24.75	0.00
n100	0.03	247.60	24.75	0.00
n101	0.03	247.60	24.76	0.00
n102	0.03	247.60	24.76	0.00
n103	0.03	247.60	24.76	0.00
n104	0.03	247.60	24.77	0.00
n105	0.03	247.60	24.77	0.00

n106	0.03	247.60	24.77	0.00
n108	0.03	247.60	24.78	0.00
n109	0.03	247.60	24.78	0.00
n110	0.03	247.60	24.78	0.00
n111	0.03	247.60	24.79	0.00
n112	0.03	247.60	24.79	0.00
n113	0.03	247.60	24.79	0.00
n114	0.03	247.60	24.79	0.00
n115	0.03	247.60	24.80	0.00
n116	0.03	247.66	24.78	0.00
n117	0.03	247.66	24.78	0.00
n118	0.03	247.66	24.79	0.00
n119	0.03	247.66	24.79	0.00
n120	0.03	247.66	24.79	0.00
n121	0.03	247.66	24.80	0.00
n122	0.03	247.66	24.80	0.00
n123	0.03	247.66	24.80	0.00
n125	0.03	247.66	24.81	0.00
n126	0.03	247.66	24.81	0.00
n127	0.03	247.66	24.81	0.00
n128	0.03	247.66	24.82	0.00
n129	0.03	247.66	24.82	0.00
n130	0.03	247.66	24.82	0.00
n131	0.03	247.66	24.83	0.00
n132	0.03	247.66	24.83	0.00
n133	0.03	247.63	24.81	0.00
n134	0.03	247.63	24.81	0.00
n135	0.03	247.63	24.81	0.00
n136	0.03	247.63	24.82	0.00
n137	0.03	247.63	24.82	0.00
n138	0.03	247.63	24.82	0.00
n139	0.03	247.63	24.83	0.00
n140	0.03	247.63	24.83	0.00
n142	0.03	247.63	24.83	0.00
n143	0.03	247.63	24.84	0.00
n144	0.03	247.63	24.84	0.00
n145	0.03	247.62	24.84	0.00
n146	0.03	247.62	24.85	0.00
n147	0.03	247.62	24.85	0.00
n148	0.03	247.62	24.85	0.00
n149	0.03	247.62	24.85	0.00
n150	0.03	247.56	24.78	0.00
n151	0.03	247.56	24.78	0.00
n152	0.03	247.56	24.78	0.00
n153	0.03	247.56	24.79	0.00
n154	0.03	247.56	24.79	0.00
n155	0.03	247.56	24.79	0.00
n156	0.03	247.56	24.79	0.00
n157	0.03	247.56	24.80	0.00
n159	0.03	247.56	24.80	0.00
n160	0.03	247.56	24.81	0.00
n161	0.03	247.56	24.81	0.00
n162	0.03	247.56	24.81	0.00
n163	0.03	247.56	24.82	0.00
n164	0.03	247.56	24.82	0.00
n165	0.03	247.56	24.82	0.00
n166	0.03	247.56	24.82	0.00
n167	0.03	247.54	24.79	0.00
n168	0.03	247.54	24.79	0.00
n169	0.03	247.54	24.79	0.00
n170	0.03	247.54	24.80	0.00
n171	0.03	247.54	24.80	0.00
n172	0.03	247.54	24.80	0.00
n173	0.03	247.54	24.81	0.00
n176	0.03	247.54	24.81	0.00
n177	0.03	247.54	24.82	0.00
n178	0.03	247.54	24.82	0.00
n179	0.03	247.54	24.82	0.00
n180	0.03	247.54	24.83	0.00
n181	0.03	247.54	24.83	0.00
n182	0.03	247.54	24.83	0.00
n183	0.03	247.54	24.84	0.00
n184	0.03	247.53	24.84	0.00
n185	0.03	247.53	24.84	0.00
n186	0.03	247.53	24.85	0.00
n187	0.03	247.53	24.85	0.00
n188	0.03	247.53	24.85	0.00
n189	0.03	247.53	24.86	0.00
n190	0.03	247.53	24.86	0.00
n191	0.03	247.53	24.86	0.00
n193	0.03	247.53	24.87	0.00
n194	0.03	247.53	24.87	0.00
n195	0.03	247.53	24.87	0.00
n196	0.03	247.53	24.88	0.00
n197	0.03	247.53	24.88	0.00
n198	0.03	247.53	24.88	0.00
n199	0.03	247.53	24.88	0.00
n200	0.03	247.53	24.89	0.00

n201	0.03	247.55	24.83	0.00
n202	0.03	247.55	24.83	0.00
n203	0.03	247.55	24.84	0.00
n204	0.03	247.55	24.84	0.00
n205	0.03	247.55	24.84	0.00
n206	0.03	247.55	24.84	0.00
n207	0.03	247.55	24.85	0.00
n208	0.03	247.55	24.85	0.00
n210	0.03	247.55	24.86	0.00
n211	0.03	247.55	24.86	0.00
n212	0.03	247.55	24.86	0.00
n213	0.03	247.55	24.86	0.00
n214	0.03	247.55	24.87	0.00
n215	0.03	247.55	24.87	0.00
n216	0.03	247.55	24.87	0.00
n217	0.03	247.55	24.88	0.00
n218	0.03	247.62	24.86	0.00
n219	0.03	247.62	24.86	0.00
n220	0.03	247.62	24.87	0.00
n221	0.03	247.62	24.87	0.00
n222	0.03	247.62	24.87	0.00
n223	0.03	247.62	24.87	0.00
n224	0.03	247.62	24.88	0.00
n225	0.03	247.62	24.88	0.00
n227	0.03	247.62	24.89	0.00
n228	0.03	247.62	24.89	0.00
n229	0.03	247.62	24.89	0.00
n230	0.03	247.62	24.90	0.00
n231	0.03	247.62	24.90	0.00
n232	0.03	247.62	24.90	0.00
n233	0.03	247.62	24.90	0.00
n234	0.03	247.62	24.91	0.00
n235	0.03	247.64	24.76	0.00
n236	0.03	247.64	24.76	0.00
n237	0.03	247.64	24.76	0.00
n238	0.03	247.64	24.76	0.00
n239	0.03	247.64	24.77	0.00
n240	0.03	247.64	24.77	0.00
n241	0.03	247.64	24.77	0.00
n242	0.03	247.64	24.78	0.00
n244	0.03	247.64	24.78	0.00
n245	0.03	247.64	24.78	0.00
n246	0.03	247.64	24.79	0.00
n247	0.03	247.64	24.79	0.00
n248	0.03	247.64	24.79	0.00
n249	0.03	247.64	24.80	0.00
n250	0.03	247.64	24.80	0.00
n251	0.03	247.64	24.80	0.00
n252	0.03	247.66	24.74	0.00
n253	0.03	247.66	24.74	0.00
n254	0.03	247.66	24.74	0.00
n255	0.03	247.66	24.74	0.00
n256	0.03	247.66	24.75	0.00
n257	0.03	247.66	24.75	0.00
n258	0.03	247.66	24.75	0.00
n259	0.03	247.66	24.76	0.00
n260	0.03	247.66	24.76	0.00
n261	0.03	247.66	24.76	0.00
n262	0.03	247.66	24.76	0.00
n263	0.03	247.66	24.77	0.00
n264	0.03	247.66	24.77	0.00
n265	0.03	247.66	24.77	0.00
n266	0.03	247.66	24.78	0.00
n267	0.03	247.66	24.78	0.00
n268	0.03	247.66	24.78	0.00
n269	0.03	247.73	24.79	0.00
n270	0.03	247.73	24.79	0.00
n271	0.03	247.73	24.79	0.00
n272	0.03	247.73	24.79	0.00
n273	0.03	247.73	24.80	0.00
n274	0.03	247.73	24.80	0.00
n275	0.03	247.73	24.80	0.00
n276	0.03	247.73	24.81	0.00
n278	0.03	247.73	24.81	0.00
n279	0.03	247.73	24.81	0.00
n280	0.03	247.73	24.82	0.00
n281	0.03	247.73	24.82	0.00
n282	0.03	247.73	24.82	0.00
n283	0.03	247.73	24.83	0.00
n284	0.03	247.73	24.83	0.00
n285	0.03	247.73	24.83	0.00
n286	0.03	247.66	24.76	0.00
n287	0.03	247.66	24.77	0.00
n288	0.03	247.66	24.77	0.00
n289	0.03	247.66	24.77	0.00
n290	0.03	247.66	24.78	0.00
n291	0.03	247.66	24.78	0.00
n292	0.03	247.66	24.78	0.00

n293	0.03	247.66	24.78	0.00
n295	0.03	247.66	24.79	0.00
n296	0.03	247.66	24.79	0.00
n297	0.03	247.66	24.80	0.00
n298	0.03	247.66	24.80	0.00
n299	0.03	247.66	24.80	0.00
n300	0.03	247.66	24.81	0.00
n301	0.03	247.66	24.81	0.00
n302	0.03	247.66	24.81	0.00
n303	0.03	247.60	24.73	0.00
n304	0.03	247.60	24.74	0.00
n305	0.03	247.60	24.74	0.00
n306	0.03	247.60	24.74	0.00
n307	0.03	247.59	24.75	0.00
n308	0.03	247.59	24.75	0.00
n309	0.03	247.59	24.75	0.00
n310	0.03	247.59	24.75	0.00
n312	0.03	247.59	24.76	0.00
n313	0.03	247.59	24.76	0.00
n314	0.03	247.59	24.77	0.00
n315	0.03	247.59	24.77	0.00
n316	0.03	247.59	24.77	0.00
n317	0.03	247.59	24.77	0.00
n318	0.03	247.59	24.78	0.00
n319	0.03	247.59	24.78	0.00
n320	0.03	247.57	24.75	0.00
n321	0.03	247.57	24.75	0.00
n322	0.03	247.57	24.75	0.00
n323	0.03	247.57	24.75	0.00
n324	0.03	247.57	24.76	0.00
n325	0.03	247.57	24.76	0.00
n326	0.03	247.57	24.76	0.00
n327	0.03	247.57	24.77	0.00
n329	0.03	247.57	24.77	0.00
n330	0.03	247.57	24.77	0.00
n331	0.03	247.57	24.78	0.00
n332	0.03	247.57	24.78	0.00
n333	0.03	247.57	24.78	0.00
n334	0.03	247.57	24.79	0.00
n335	0.03	247.57	24.79	0.00
n336	0.03	247.57	24.79	0.00
n337	0.03	247.54	24.77	0.00
n338	0.03	247.54	24.77	0.00
n339	0.03	247.54	24.78	0.00
n340	0.03	247.54	24.78	0.00
n341	0.03	247.54	24.78	0.00
n342	0.03	247.54	24.79	0.00
n343	0.03	247.54	24.79	0.00
n344	0.03	247.54	24.79	0.00
n346	0.03	247.54	24.80	0.00
n347	0.03	247.54	24.80	0.00
n348	0.03	247.54	24.80	0.00
n349	0.03	247.54	24.81	0.00
n350	0.03	247.54	24.81	0.00
n351	0.03	247.54	24.81	0.00
n352	0.03	247.54	24.82	0.00
n353	0.03	247.54	24.82	0.00
n354	0.03	247.56	24.77	0.00
n355	0.03	247.56	24.77	0.00
n356	0.03	247.56	24.78	0.00
n357	0.03	247.56	24.78	0.00
n358	0.03	247.56	24.78	0.00
n359	0.03	247.56	24.78	0.00
n360	0.03	247.56	24.79	0.00
n361	0.03	247.56	24.79	0.00
n363	0.03	247.56	24.80	0.00
n364	0.03	247.56	24.80	0.00
n365	0.03	247.56	24.80	0.00
n366	0.03	247.56	24.81	0.00
n367	0.03	247.56	24.81	0.00
n368	0.03	247.56	24.81	0.00
n369	0.03	247.56	24.81	0.00
n370	0.03	247.56	24.82	0.00
n371	0.03	247.63	24.79	0.00
n372	0.03	247.63	24.79	0.00
n373	0.03	247.63	24.80	0.00
n374	0.03	247.62	24.80	0.00
n375	0.03	247.62	24.80	0.00
n376	0.03	247.62	24.81	0.00
n377	0.03	247.62	24.81	0.00
n378	0.03	247.62	24.81	0.00
n380	0.03	247.62	24.82	0.00
n381	0.03	247.62	24.82	0.00
n382	0.03	247.62	24.82	0.00
n383	0.03	247.62	24.92	0.00
n384	0.03	247.62	24.83	0.00
n385	0.03	247.62	24.83	0.00
n386	0.03	247.62	24.83	0.00

n387	0.03	247.62	24.84	0.00
n388	0.03	247.62	24.84	0.00
n389	0.03	247.62	24.85	0.00
n390	0.03	247.62	24.85	0.00
n391	0.03	247.62	24.85	0.00
n392	0.03	247.62	24.85	0.00
n393	0.03	247.62	24.86	0.00
n394	0.03	247.62	24.86	0.00
n395	0.03	247.62	24.86	0.00
n397	0.03	247.62	24.87	0.00
n398	0.03	247.62	24.87	0.00
n399	0.03	247.62	24.88	0.00
n400	0.03	247.62	24.88	0.00
n401	0.03	247.62	24.88	0.00
n402	0.03	247.62	24.88	0.00
n403	0.03	247.62	24.89	0.00
n404	0.03	247.62	24.89	0.00
n405	0.03	247.55	24.81	0.00
n406	0.03	247.55	24.82	0.00
n407	0.03	247.55	24.82	0.00
n408	0.03	247.55	24.82	0.00
n409	0.03	247.55	24.82	0.00
n410	0.03	247.55	24.83	0.00
n411	0.03	247.55	24.83	0.00
n412	0.03	247.55	24.83	0.00
n414	0.03	247.55	24.84	0.00
n415	0.03	247.55	24.84	0.00
n416	0.03	247.55	24.85	0.00
n417	0.03	247.55	24.85	0.00
n418	0.03	247.55	24.85	0.00
n419	0.03	247.55	24.85	0.00
n420	0.03	247.55	24.86	0.00
n421	0.03	247.55	24.86	0.00
n422	0.03	247.53	24.82	0.00
n423	0.03	247.53	24.83	0.00
n424	0.03	247.53	24.83	0.00
n425	0.03	247.53	24.83	0.00
n426	0.03	247.53	24.84	0.00
n427	0.03	247.53	24.84	0.00
n428	0.03	247.53	24.84	0.00
n429	0.03	247.53	24.84	0.00
n431	0.03	247.53	24.85	0.00
n432	0.03	247.53	24.85	0.00
n433	0.03	247.53	24.86	0.00
n434	0.03	247.53	24.86	0.00
n435	0.03	247.53	24.86	0.00
n436	0.03	247.53	24.86	0.00
n437	0.03	247.53	24.87	0.00
n438	0.03	247.53	24.87	0.00
n439	0.00	247.66	24.75	0.00
n440	0.00	247.73	24.79	0.00
n441	0.00	247.66	24.78	0.00
n442	0.00	247.60	24.75	0.00
n443	0.00	247.57	24.76	0.00
n444	0.00	247.54	24.79	0.00
n445	0.00	247.56	24.77	0.00
n446	0.00	247.63	24.80	0.00
n447	0.00	247.62	24.86	0.00
n448	0.00	247.53	24.84	0.00
n449	0.00	247.55	24.83	0.00
1	0.00	247.64	24.76	0.00
3	0.03	247.64	24.77	0.00
4	0.03	247.64	24.77	0.00
5	0.03	247.64	24.77	0.00
6	0.03	247.64	24.78	0.00
7	0.03	247.64	24.78	0.00
8	0.03	247.64	24.78	0.00
9	0.03	247.64	24.78	0.00
10	0.03	247.64	24.79	0.00
12	0.03	247.64	24.79	0.00
13	0.03	247.64	24.80	0.00
14	0.03	247.64	24.80	0.00
15	0.03	247.64	24.80	0.00
16	0.03	247.64	24.80	0.00
17	0.03	247.64	24.81	0.00
18	0.03	247.64	24.81	0.00
19	0.00	247.66	24.74	0.00
20	0.03	247.66	24.74	0.00
21	0.03	247.66	24.75	0.00
23	0.03	247.66	24.75	0.00
24	0.03	247.66	24.76	0.00
25	0.03	247.66	24.76	0.00
26	0.03	247.66	24.76	0.00
27	0.03	247.66	24.76	0.00
28	0.03	247.66	24.77	0.00
29	0.03	247.66	24.77	0.00
30	0.03	247.66	24.77	0.00
31	0.03	247.66	24.78	0.00

32	0.03	247.66	24.78	0.00
33	0.03	247.66	24.78	0.00
34	0.03	247.66	24.78	0.00
35	0.03	247.66	24.79	0.00
36	0.03	247.66	24.79	0.00
37	0.00	247.73	24.79	0.00
38	0.03	247.73	24.79	0.00
39	0.03	247.73	24.79	0.00
40	0.03	247.73	24.79	0.00
41	0.03	247.73	24.80	0.00
42	0.03	247.73	24.80	0.00
43	0.03	247.73	24.80	0.00
44	0.03	247.73	24.81	0.00
45	0.03	247.73	24.81	0.00
46	0.03	247.73	24.81	0.00
47	0.03	247.73	24.81	0.00
48	0.03	247.73	24.82	0.00
49	0.03	247.73	24.82	0.00
50	0.03	247.73	24.82	0.00
51	0.03	247.73	24.83	0.00
52	0.03	247.73	24.83	0.00
53	0.03	247.73	24.83	0.00
54	0.03	247.73	24.84	0.00
55	0.00	247.57	24.75	0.00
56	0.03	247.57	24.75	0.00
57	0.03	247.57	24.76	0.00
58	0.03	247.57	24.76	0.00
59	0.03	247.57	24.76	0.00
61	0.03	247.57	24.77	0.00
62	0.03	247.57	24.77	0.00
63	0.03	247.57	24.77	0.00
64	0.03	247.57	24.78	0.00
65	0.03	247.57	24.78	0.00
66	0.03	247.57	24.78	0.00
67	0.03	247.57	24.79	0.00
68	0.03	247.57	24.79	0.00
69	0.03	247.57	24.79	0.00
70	0.03	247.57	24.79	0.00
71	0.03	247.57	24.80	0.00
72	0.03	247.57	24.80	0.00
73	0.00	247.60	24.74	0.00
74	0.03	247.60	24.74	0.00
75	0.03	247.60	24.75	0.00
76	0.03	247.60	24.75	0.00
77	0.03	247.60	24.75	0.00
78	0.03	247.60	24.75	0.00
79	0.03	247.60	24.76	0.00
80	0.03	247.60	24.76	0.00
81	0.03	247.59	24.76	0.00
82	0.03	247.59	24.77	0.00
83	0.03	247.59	24.77	0.00
84	0.03	247.59	24.77	0.00
85	0.03	247.59	24.77	0.00
86	0.03	247.59	24.78	0.00
87	0.03	247.59	24.78	0.00
88	0.03	247.59	24.78	0.00
89	0.03	247.59	24.79	0.00
90	0.03	247.59	24.79	0.00
91	0.00	247.66	24.77	0.00
92	0.03	247.66	24.77	0.00
93	0.03	247.66	24.78	0.00
94	0.03	247.66	24.78	0.00
95	0.03	247.66	24.78	0.00
96	0.03	247.66	24.78	0.00
97	0.03	247.66	24.79	0.00
98	0.03	247.66	24.79	0.00
99	0.03	247.66	24.79	0.00
100	0.03	247.66	24.80	0.00
101	0.03	247.66	24.80	0.00
102	0.03	247.66	24.80	0.00
103	0.03	247.66	24.80	0.00
104	0.03	247.66	24.81	0.00
105	0.03	247.66	24.81	0.00
106	0.03	247.66	24.81	0.00
107	0.03	247.66	24.82	0.00
108	0.03	247.66	24.82	0.00
109	0.00	247.54	24.78	0.00
110	0.03	247.54	24.78	0.00
111	0.03	247.54	24.78	0.00
112	0.03	247.54	24.79	0.00
113	0.03	247.54	24.79	0.00
114	0.03	247.54	24.79	0.00
115	0.03	247.54	24.79	0.00
116	0.03	247.54	24.80	0.00
117	0.03	247.54	24.80	0.00
118	0.03	247.54	24.80	0.00
119	0.03	247.54	24.81	0.00
120	0.03	247.54	24.81	0.00

121	0.03	247.54	24.81	0.00
122	0.03	247.54	24.81	0.00
123	0.03	247.54	24.82	0.00
124	0.03	247.54	24.82	0.00
125	0.03	247.54	24.82	0.00
126	0.03	247.54	24.83	0.00
127	0.00	247.56	24.77	0.00
128	0.03	247.56	24.77	0.00
129	0.03	247.56	24.78	0.00
130	0.03	247.56	24.78	0.00
131	0.03	247.56	24.78	0.00
132	0.03	247.56	24.79	0.00
133	0.03	247.56	24.79	0.00
134	0.03	247.56	24.79	0.00
135	0.03	247.56	24.79	0.00
136	0.03	247.56	24.80	0.00
137	0.03	247.56	24.80	0.00
138	0.03	247.56	24.80	0.00
139	0.03	247.56	24.81	0.00
140	0.03	247.56	24.81	0.00
141	0.03	247.56	24.81	0.00
142	0.03	247.56	24.81	0.00
143	0.03	247.56	24.82	0.00
144	0.03	247.56	24.82	0.00
145	0.00	247.63	24.80	0.00
146	0.03	247.63	24.80	0.00
147	0.03	247.63	24.80	0.00
148	0.03	247.63	24.81	0.00
149	0.03	247.63	24.81	0.00
150	0.03	247.63	24.81	0.00
151	0.03	247.62	24.81	0.00
152	0.03	247.62	24.82	0.00
153	0.03	247.62	24.82	0.00
154	0.03	247.62	24.82	0.00
155	0.03	247.62	24.83	0.00
156	0.03	247.62	24.83	0.00
157	0.03	247.62	24.83	0.00
158	0.03	247.62	24.83	0.00
159	0.03	247.62	24.84	0.00
160	0.03	247.62	24.84	0.00
162	0.03	247.62	24.84	0.00
163	0.03	247.62	24.85	0.00
164	0.00	247.53	24.83	0.00
165	0.03	247.53	24.83	0.00
166	0.03	247.53	24.84	0.00
167	0.03	247.53	24.84	0.00
168	0.03	247.53	24.84	0.00
169	0.03	247.53	24.84	0.00
170	0.03	247.53	24.85	0.00
171	0.03	247.53	24.85	0.00
172	0.03	247.53	24.85	0.00
173	0.03	247.53	24.86	0.00
174	0.03	247.53	24.86	0.00
175	0.03	247.53	24.86	0.00
176	0.03	247.53	24.86	0.00
178	0.03	247.53	24.87	0.00
179	0.03	247.53	24.87	0.00
180	0.03	247.53	24.88	0.00
181	0.03	247.53	24.88	0.00
182	0.00	247.55	24.82	0.00
183	0.03	247.55	24.82	0.00
184	0.03	247.55	24.82	0.00
185	0.03	247.55	24.83	0.00
186	0.03	247.55	24.83	0.00
187	0.03	247.55	24.83	0.00
188	0.03	247.55	24.84	0.00
189	0.03	247.55	24.84	0.00
190	0.03	247.55	24.84	0.00
191	0.03	247.55	24.84	0.00
192	0.03	247.55	24.85	0.00
193	0.03	247.55	24.85	0.00
194	0.03	247.55	24.85	0.00
195	0.03	247.55	24.86	0.00
196	0.03	247.55	24.86	0.00
197	0.03	247.55	24.86	0.00
198	0.03	247.55	24.87	0.00
199	0.03	247.55	24.87	0.00
200	0.00	247.62	24.85	0.00
201	0.03	247.62	24.85	0.00
202	0.03	247.62	24.85	0.00
203	0.03	247.62	24.86	0.00
204	0.03	247.62	24.86	0.00
205	0.03	247.62	24.86	0.00
206	0.03	247.62	24.87	0.00
207	0.03	247.62	24.87	0.00
208	0.03	247.62	24.87	0.00
209	0.03	247.62	24.87	0.00
210	0.03	247.62	24.88	0.00

211	0.03	247.62	24.88	0.00	
212	0.03	247.62	24.88	0.00	
213	0.03	247.62	24.89	0.00	
214	0.03	247.62	24.89	0.00	
215	0.03	247.62	24.89	0.00	
217	0.03	247.62	24.90	0.00	
218	0.03	247.62	24.90	0.00	
161	0.03	247.66	24.78	0.00	
216	0.03	247.64	24.78	0.00	
219	0.03	247.73	24.82	0.00	
220	0.03	247.73	24.81	0.00	
221	0.03	247.66	24.75	0.00	
222	0.03	247.64	24.76	0.00	
223	0.03	247.64	24.79	0.00	
224	0.03	247.57	24.79	0.00	
225	0.03	247.57	24.77	0.00	
226	0.03	247.60	24.77	0.00	
227	0.03	247.59	24.76	0.00	
228	0.03	247.66	24.80	0.00	
229	0.03	247.66	24.79	0.00	
230	0.03	247.54	24.81	0.00	
231	0.03	247.54	24.81	0.00	
232	0.03	247.54	24.79	0.00	
233	0.03	247.56	24.80	0.00	
234	0.03	247.56	24.79	0.00	
235	0.03	247.62	24.81	0.00	
236	0.03	247.53	24.86	0.00	
237	0.03	247.53	24.87	0.00	
238	0.03	247.53	24.85	0.00	
239	0.03	247.55	24.85	0.00	
240	0.03	247.55	24.84	0.00	
241	0.03	247.62	24.88	0.00	
242	0.03	247.62	24.87	0.00	
243	0.03	247.64	24.80	0.00	
244	0.03	247.63	24.83	0.00	
245	0.03	247.57	24.77	0.00	
hidrante	-17.81	248.00	0.00	0.00	Embalse

Resultados en las Líneas:

ID Línea	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km	Estado
p19	0.47	0.04	0.62	Abierta
p20	0.44	0.04	0.56	Abierta
p21	0.41	0.04	0.50	Abierta
p22	0.38	0.03	0.50	Abierta
p23	0.35	0.03	0.43	Abierta
p24	0.32	0.03	0.43	Abierta
p25	0.29	0.03	0.37	Abierta
p29	0.20	0.02	0.31	Abierta
p30	0.17	0.02	0.19	Abierta
p31	0.15	0.01	0.19	Abierta
p32	0.12	0.01	0.19	Abierta
p33	0.09	0.01	0.06	Abierta
p34	0.06	0.01	0.12	Abierta
p35	0.03	0.00	0.00	Abierta
p36	0.47	0.04	0.62	Abierta
p37	0.44	0.04	0.56	Abierta
p38	0.41	0.04	0.56	Abierta
p39	0.38	0.03	0.50	Abierta
p40	0.35	0.03	0.43	Abierta
p41	0.32	0.03	0.37	Abierta
p42	0.29	0.03	0.43	Abierta
p46	0.20	0.02	0.25	Abierta
p47	0.17	0.02	0.25	Abierta
p48	0.15	0.01	0.19	Abierta
p49	0.12	0.01	0.12	Abierta
p50	0.09	0.01	0.12	Abierta
p51	0.06	0.01	0.06	Abierta
p52	0.03	0.00	0.06	Abierta
p53	0.47	0.04	0.62	Abierta
p54	0.44	0.04	0.56	Abierta
p55	0.41	0.04	0.50	Abierta
p56	0.38	0.03	0.50	Abierta
p57	0.35	0.03	0.43	Abierta
p58	0.32	0.03	0.43	Abierta
p59	0.29	0.03	0.37	Abierta
p63	0.20	0.02	0.31	Abierta
p64	0.17	0.02	0.19	Abierta
p65	0.15	0.01	0.19	Abierta
p66	0.12	0.01	0.19	Abierta
p67	0.09	0.01	0.06	Abierta
p68	0.06	0.01	0.12	Abierta
p69	0.03	0.00	0.00	Abierta
p70	0.47	0.04	0.62	Abierta
p71	0.44	0.04	0.56	Abierta
p72	0.41	0.04	0.50	Abierta

p73	0.38	0.03	0.50	Abierta
p74	0.35	0.03	0.50	Abierta
p75	0.32	0.03	0.37	Abierta
p76	0.29	0.03	0.37	Abierta
p80	0.20	0.02	0.25	Abierta
p81	0.17	0.02	0.25	Abierta
p82	0.15	0.01	0.19	Abierta
p83	0.12	0.01	0.12	Abierta
p84	0.09	0.01	0.12	Abierta
p85	0.06	0.01	0.06	Abierta
p86	0.03	0.00	0.06	Abierta
p87	0.47	0.04	0.62	Abierta
p88	0.44	0.04	0.56	Abierta
p89	0.41	0.04	0.50	Abierta
p90	0.38	0.03	0.50	Abierta
p91	0.35	0.03	0.50	Abierta
p92	0.32	0.03	0.37	Abierta
p93	0.29	0.03	0.37	Abierta
p97	0.20	0.02	0.25	Abierta
p98	0.17	0.02	0.19	Abierta
p99	0.15	0.01	0.19	Abierta
p100	0.12	0.01	0.19	Abierta
p101	0.09	0.01	0.12	Abierta
p102	0.06	0.01	0.06	Abierta
p103	0.03	0.00	0.06	Abierta
p104	0.47	0.04	0.62	Abierta
p105	0.44	0.04	0.56	Abierta
p106	0.41	0.04	0.56	Abierta
p107	0.38	0.03	0.43	Abierta
p108	0.35	0.03	0.50	Abierta
p109	0.32	0.03	0.37	Abierta
p110	0.29	0.03	0.37	Abierta
p114	0.20	0.02	0.25	Abierta
p115	0.17	0.02	0.25	Abierta
p116	0.15	0.01	0.19	Abierta
p117	0.12	0.01	0.12	Abierta
p118	0.09	0.01	0.12	Abierta
p119	0.06	0.01	0.06	Abierta
p120	0.03	0.00	0.06	Abierta
p121	0.47	0.04	0.62	Abierta
p122	0.44	0.04	0.56	Abierta
p123	0.41	0.04	0.50	Abierta
p124	0.38	0.03	0.50	Abierta
p125	0.35	0.03	0.43	Abierta
p126	0.32	0.03	0.43	Abierta
p127	0.29	0.03	0.37	Abierta
p131	0.20	0.02	0.31	Abierta
p132	0.17	0.02	0.19	Abierta
p133	0.15	0.01	0.19	Abierta
p134	0.12	0.01	0.19	Abierta
p135	0.09	0.01	0.06	Abierta
p136	0.06	0.01	0.12	Abierta
p137	0.03	0.00	0.00	Abierta
p138	0.47	0.04	0.62	Abierta
p139	0.44	0.04	0.56	Abierta
p140	0.41	0.04	0.50	Abierta
p141	0.38	0.03	0.50	Abierta
p142	0.35	0.03	0.50	Abierta
p143	0.32	0.03	0.37	Abierta
p144	0.29	0.03	0.37	Abierta
p148	0.20	0.02	0.25	Abierta
p149	0.17	0.02	0.19	Abierta
p150	0.15	0.01	0.25	Abierta
p151	0.12	0.01	0.12	Abierta
p152	0.09	0.01	0.12	Abierta
p153	0.06	0.01	0.06	Abierta
p154	0.03	0.00	0.06	Abierta
p155	0.47	0.04	0.62	Abierta
p156	0.44	0.04	0.56	Abierta
p157	0.41	0.04	0.50	Abierta
p158	0.38	0.03	0.50	Abierta
p159	0.35	0.03	0.43	Abierta
p160	0.32	0.03	0.43	Abierta
p165	0.20	0.02	0.25	Abierta
p166	0.17	0.02	0.25	Abierta
p167	0.15	0.01	0.19	Abierta
p168	0.12	0.01	0.19	Abierta
p169	0.09	0.01	0.06	Abierta
p170	0.06	0.01	0.12	Abierta
p171	0.03	0.00	0.00	Abierta
p172	0.47	0.04	0.62	Abierta
p173	0.44	0.04	0.56	Abierta
p174	0.41	0.04	0.50	Abierta
p175	0.38	0.03	0.50	Abierta
p176	0.35	0.03	0.43	Abierta
p177	0.32	0.03	0.43	Abierta
p178	0.29	0.03	0.37	Abierta
p182	0.20	0.02	0.31	Abierta

p183	0.17	0.02	0.19	Abierta
p184	0.15	0.01	0.19	Abierta
p185	0.12	0.01	0.19	Abierta
p186	0.09	0.01	0.12	Abierta
p187	0.06	0.01	0.06	Abierta
p188	0.03	0.00	0.00	Abierta
p189	0.47	0.04	0.56	Abierta
p190	0.44	0.04	0.56	Abierta
p191	0.41	0.04	0.56	Abierta
p192	0.38	0.03	0.50	Abierta
p193	0.35	0.03	0.43	Abierta
p194	0.32	0.03	0.43	Abierta
p195	0.29	0.03	0.37	Abierta
p199	0.20	0.02	0.25	Abierta
p200	0.17	0.02	0.25	Abierta
p201	0.15	0.01	0.19	Abierta
p202	0.12	0.01	0.12	Abierta
p203	0.09	0.01	0.12	Abierta
p204	0.06	0.01	0.06	Abierta
p205	0.03	0.00	0.06	Abierta
p206	0.47	0.04	0.62	Abierta
p207	0.44	0.04	0.56	Abierta
p208	0.41	0.04	0.50	Abierta
p209	0.38	0.03	0.50	Abierta
p210	0.35	0.03	0.43	Abierta
p211	0.32	0.03	0.43	Abierta
p212	0.29	0.03	0.37	Abierta
p216	0.20	0.02	0.25	Abierta
p217	0.17	0.02	0.19	Abierta
p218	0.15	0.01	0.19	Abierta
p219	0.12	0.01	0.19	Abierta
p220	0.09	0.01	0.12	Abierta
p221	0.06	0.01	0.06	Abierta
p222	0.03	0.00	0.00	Abierta
p223	0.49	0.04	0.64	Abierta
p224	0.47	0.04	0.62	Abierta
p225	0.44	0.04	0.56	Abierta
p226	0.41	0.04	0.50	Abierta
p227	0.38	0.03	0.50	Abierta
p228	0.35	0.03	0.43	Abierta
p229	0.32	0.03	0.43	Abierta
p230	0.29	0.03	0.37	Abierta
p234	0.20	0.02	0.31	Abierta
p235	0.17	0.02	0.19	Abierta
p236	0.15	0.01	0.19	Abierta
p237	0.12	0.01	0.19	Abierta
p238	0.09	0.01	0.06	Abierta
p239	0.06	0.01	0.12	Abierta
p240	0.03	0.00	0.00	Abierta
p241	0.49	0.04	0.59	Abierta
p242	0.47	0.04	0.62	Abierta
p243	0.44	0.04	0.56	Abierta
p244	0.41	0.04	0.56	Abierta
p245	0.38	0.03	0.50	Abierta
p246	0.35	0.03	0.43	Abierta
p247	0.32	0.03	0.43	Abierta
p248	0.29	0.03	0.37	Abierta
p251	0.23	0.02	0.31	Abierta
p252	0.20	0.02	0.25	Abierta
p253	0.17	0.02	0.25	Abierta
p254	0.15	0.01	0.19	Abierta
p255	0.12	0.01	0.12	Abierta
p256	0.09	0.01	0.12	Abierta
p257	0.06	0.01	0.06	Abierta
p258	0.03	0.00	0.06	Abierta
p259	0.49	0.04	0.64	Abierta
p260	0.47	0.04	0.62	Abierta
p261	0.44	0.04	0.56	Abierta
p262	0.41	0.04	0.50	Abierta
p263	0.38	0.03	0.50	Abierta
p264	0.35	0.03	0.43	Abierta
p265	0.32	0.03	0.43	Abierta
p266	0.29	0.03	0.37	Abierta
p270	0.20	0.02	0.31	Abierta
p271	0.17	0.02	0.19	Abierta
p272	0.15	0.01	0.19	Abierta
p273	0.12	0.01	0.19	Abierta
p274	0.09	0.01	0.06	Abierta
p275	0.06	0.01	0.12	Abierta
p276	0.03	0.00	0.00	Abierta
p277	0.49	0.04	0.64	Abierta
p278	0.47	0.04	0.62	Abierta
p279	0.44	0.04	0.56	Abierta
p280	0.41	0.04	0.56	Abierta
p281	0.38	0.03	0.43	Abierta
p282	0.35	0.03	0.50	Abierta
p283	0.32	0.03	0.37	Abierta
p284	0.29	0.03	0.37	Abierta

p288	0.20	0.02	0.25	Abierta
p289	0.17	0.02	0.25	Abierta
p290	0.15	0.01	0.19	Abierta
p291	0.12	0.01	0.12	Abierta
p292	0.09	0.01	0.12	Abierta
p293	0.06	0.01	0.06	Abierta
p294	0.03	0.00	0.06	Abierta
p295	0.49	0.04	0.64	Abierta
p296	0.47	0.04	0.62	Abierta
p297	0.44	0.04	0.56	Abierta
p298	0.41	0.04	0.50	Abierta
p299	0.38	0.03	0.50	Abierta
p300	0.35	0.03	0.43	Abierta
p301	0.32	0.03	0.43	Abierta
p302	0.29	0.03	0.37	Abierta
p306	0.20	0.02	0.25	Abierta
p307	0.17	0.02	0.25	Abierta
p308	0.15	0.01	0.19	Abierta
p309	0.12	0.01	0.19	Abierta
p310	0.09	0.01	0.06	Abierta
p311	0.06	0.01	0.12	Abierta
p312	0.03	0.00	0.00	Abierta
p313	0.49	0.04	0.64	Abierta
p314	0.47	0.04	0.62	Abierta
p315	0.44	0.04	0.56	Abierta
p316	0.41	0.04	0.56	Abierta
p317	0.38	0.03	0.43	Abierta
p318	0.35	0.03	0.50	Abierta
p319	0.32	0.03	0.37	Abierta
p320	0.29	0.03	0.37	Abierta
p324	0.20	0.02	0.25	Abierta
p325	0.17	0.02	0.25	Abierta
p326	0.15	0.01	0.19	Abierta
p327	0.12	0.01	0.12	Abierta
p328	0.09	0.01	0.12	Abierta
p329	0.06	0.01	0.06	Abierta
p330	0.03	0.00	0.06	Abierta
p331	0.49	0.04	0.64	Abierta
p332	0.47	0.04	0.62	Abierta
p333	0.44	0.04	0.56	Abierta
p334	0.41	0.04	0.50	Abierta
p335	0.38	0.03	0.50	Abierta
p336	0.35	0.03	0.43	Abierta
p337	0.32	0.03	0.43	Abierta
p338	0.29	0.03	0.37	Abierta
p342	0.20	0.02	0.31	Abierta
p343	0.17	0.02	0.19	Abierta
p344	0.15	0.01	0.19	Abierta
p345	0.12	0.01	0.19	Abierta
p346	0.09	0.01	0.06	Abierta
p347	0.06	0.01	0.12	Abierta
p348	0.03	0.00	0.00	Abierta
p349	0.49	0.04	0.64	Abierta
p350	0.47	0.04	0.62	Abierta
p351	0.44	0.04	0.56	Abierta
p352	0.41	0.04	0.50	Abierta
p353	0.38	0.03	0.50	Abierta
p354	0.35	0.03	0.50	Abierta
p355	0.32	0.03	0.37	Abierta
p356	0.29	0.03	0.37	Abierta
p360	0.20	0.02	0.25	Abierta
p361	0.17	0.02	0.25	Abierta
p362	0.15	0.01	0.19	Abierta
p363	0.12	0.01	0.12	Abierta
p364	0.09	0.01	0.12	Abierta
p365	0.06	0.01	0.06	Abierta
p366	0.03	0.00	0.06	Abierta
p367	0.49	0.04	0.64	Abierta
p368	0.47	0.04	0.62	Abierta
p369	0.44	0.04	0.56	Abierta
p370	0.41	0.04	0.50	Abierta
p371	0.38	0.03	0.50	Abierta
p372	0.35	0.03	0.43	Abierta
p373	0.32	0.03	0.43	Abierta
p374	0.29	0.03	0.37	Abierta
p378	0.20	0.02	0.31	Abierta
p379	0.17	0.02	0.19	Abierta
p380	0.15	0.01	0.19	Abierta
p381	0.12	0.01	0.19	Abierta
p382	0.09	0.01	0.06	Abierta
p383	0.06	0.01	0.12	Abierta
p384	0.03	0.00	0.00	Abierta
p385	0.49	0.04	0.64	Abierta
p386	0.47	0.04	0.62	Abierta
p387	0.44	0.04	0.56	Abierta
p388	0.41	0.04	0.50	Abierta
p389	0.38	0.03	0.50	Abierta
p390	0.35	0.03	0.50	Abierta

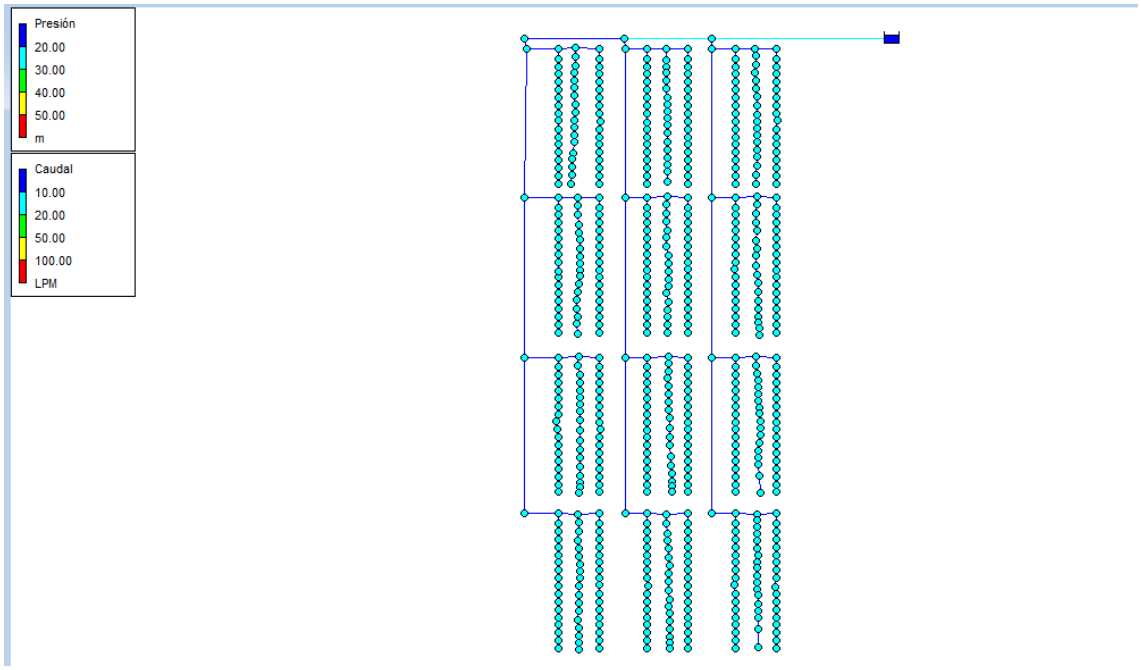
p391	0.32	0.03	0.37	Abierta
p392	0.29	0.03	0.37	Abierta
p396	0.20	0.02	0.25	Abierta
p397	0.17	0.02	0.19	Abierta
p398	0.15	0.01	0.19	Abierta
p399	0.12	0.01	0.19	Abierta
p400	0.09	0.01	0.12	Abierta
p401	0.06	0.01	0.06	Abierta
p402	0.03	0.00	0.00	Abierta
p403	0.49	0.04	0.64	Abierta
p404	0.47	0.04	0.56	Abierta
p405	0.44	0.04	0.56	Abierta
p406	0.41	0.04	0.56	Abierta
p407	0.38	0.03	0.50	Abierta
p408	0.35	0.03	0.43	Abierta
p409	0.32	0.03	0.43	Abierta
p410	0.29	0.03	0.37	Abierta
p414	0.20	0.02	0.25	Abierta
p415	0.17	0.02	0.25	Abierta
p416	0.15	0.01	0.19	Abierta
p417	0.12	0.01	0.12	Abierta
p418	0.09	0.01	0.12	Abierta
p419	0.06	0.01	0.06	Abierta
p420	0.03	0.00	0.06	Abierta
p421	0.49	0.04	0.64	Abierta
p422	0.47	0.04	0.62	Abierta
p423	0.44	0.04	0.56	Abierta
p424	0.41	0.04	0.50	Abierta
p425	0.38	0.03	0.50	Abierta
p426	0.35	0.03	0.43	Abierta
p427	0.32	0.03	0.43	Abierta
p428	0.29	0.03	0.37	Abierta
p432	0.20	0.02	0.25	Abierta
p433	0.17	0.02	0.19	Abierta
p434	0.15	0.01	0.19	Abierta
p435	0.12	0.01	0.19	Abierta
p436	0.09	0.01	0.12	Abierta
p437	0.06	0.01	0.06	Abierta
p438	0.03	0.00	0.00	Abierta
p439	0.49	0.04	0.64	Abierta
p440	0.49	0.04	0.64	Abierta
p441	0.49	0.04	0.64	Abierta
p443	0.49	0.04	0.64	Abierta
p444	0.49	0.04	0.64	Abierta
p445	0.49	0.04	0.64	Abierta
p446	0.49	0.04	0.64	Abierta
p447	0.49	0.04	0.64	Abierta
p448	0.49	0.04	0.64	Abierta
p449	0.49	0.04	0.64	Abierta
1	1.48	0.11	1.26	Abierta
4	1.48	0.11	1.26	Abierta
5	0.99	0.07	0.84	Abierta
6	0.49	0.04	0.42	Abierta
7	1.48	0.11	1.26	Abierta
8	0.99	0.07	0.84	Abierta
9	0.49	0.04	0.42	Abierta
10	1.48	0.11	1.26	Abierta
11	0.99	0.07	0.84	Abierta
12	0.49	0.04	0.42	Abierta
13	1.48	0.11	1.26	Abierta
14	0.99	0.07	0.84	Abierta
15	0.49	0.04	0.42	Abierta
16	1.48	0.11	1.26	Abierta
17	0.99	0.07	0.84	Abierta
18	0.49	0.04	0.42	Abierta
19	1.48	0.11	1.26	Abierta
20	0.99	0.07	0.84	Abierta
21	0.49	0.04	0.42	Abierta
22	1.48	0.11	1.26	Abierta
23	0.99	0.07	0.84	Abierta
24	0.49	0.04	0.42	Abierta
25	1.48	0.11	1.24	Abierta
26	0.99	0.07	0.84	Abierta
27	0.49	0.04	0.42	Abierta
28	1.48	0.11	1.26	Abierta
29	0.99	0.07	0.84	Abierta
30	0.49	0.04	0.42	Abierta
31	1.48	0.11	1.26	Abierta
32	0.99	0.07	0.86	Abierta
33	0.49	0.04	0.42	Abierta
34	1.48	0.11	1.26	Abierta
35	0.99	0.07	0.84	Abierta
36	0.49	0.04	0.42	Abierta
38	0.44	0.04	0.56	Abierta
39	0.41	0.04	0.50	Abierta
40	0.38	0.03	0.50	Abierta
41	0.35	0.03	0.43	Abierta
42	0.32	0.03	0.43	Abierta

43	0.29	0.03	0.37	Abierta
45	0.15	0.01	0.19	Abierta
46	0.12	0.01	0.19	Abierta
48	0.06	0.01	0.12	Abierta
49	0.03	0.00	0.00	Abierta
50	0.49	0.04	0.68	Abierta
51	0.47	0.04	0.56	Abierta
52	0.44	0.04	0.56	Abierta
53	0.41	0.04	0.56	Abierta
55	0.32	0.03	0.43	Abierta
56	0.29	0.03	0.37	Abierta
57	0.26	0.02	0.31	Abierta
58	0.23	0.02	0.31	Abierta
59	0.20	0.02	0.25	Abierta
60	0.17	0.02	0.25	Abierta
61	0.15	0.01	0.19	Abierta
62	0.12	0.01	0.12	Abierta
63	0.09	0.01	0.12	Abierta
64	0.06	0.01	0.06	Abierta
66	0.49	0.04	0.62	Abierta
67	0.47	0.04	0.62	Abierta
68	0.44	0.04	0.56	Abierta
69	0.41	0.04	0.50	Abierta
70	0.38	0.03	0.50	Abierta
71	0.35	0.03	0.50	Abierta
72	0.32	0.03	0.37	Abierta
73	0.29	0.03	0.37	Abierta
74	0.26	0.02	0.37	Abierta
75	0.23	0.02	0.31	Abierta
76	0.20	0.02	0.25	Abierta
77	0.17	0.02	0.19	Abierta
78	0.15	0.01	0.19	Abierta
79	0.12	0.01	0.19	Abierta
80	0.09	0.01	0.12	Abierta
83	0.44	0.04	0.56	Abierta
84	0.41	0.04	0.50	Abierta
85	0.38	0.03	0.50	Abierta
86	0.35	0.03	0.43	Abierta
87	0.32	0.03	0.43	Abierta
88	0.29	0.03	0.37	Abierta
90	0.20	0.02	0.31	Abierta
91	0.17	0.02	0.19	Abierta
92	0.15	0.01	0.19	Abierta
94	0.06	0.01	0.06	Abierta
95	0.03	0.00	0.00	Abierta
96	0.49	0.04	0.68	Abierta
97	0.47	0.04	0.56	Abierta
98	0.44	0.04	0.56	Abierta
99	0.41	0.04	0.56	Abierta
100	0.38	0.03	0.50	Abierta
101	0.35	0.03	0.43	Abierta
102	0.32	0.03	0.43	Abierta
104	0.23	0.02	0.31	Abierta
105	0.20	0.02	0.25	Abierta
106	0.17	0.02	0.25	Abierta
107	0.15	0.01	0.19	Abierta
108	0.12	0.01	0.12	Abierta
109	0.09	0.01	0.12	Abierta
111	0.49	0.04	0.64	Abierta
112	0.47	0.04	0.62	Abierta
113	0.44	0.04	0.56	Abierta
114	0.41	0.04	0.50	Abierta
115	0.38	0.03	0.50	Abierta
116	0.35	0.03	0.43	Abierta
117	0.32	0.03	0.43	Abierta
119	0.23	0.02	0.25	Abierta
120	0.20	0.02	0.31	Abierta
121	0.17	0.02	0.19	Abierta
122	0.15	0.01	0.19	Abierta
123	0.12	0.01	0.19	Abierta
124	0.09	0.01	0.12	Abierta
125	0.06	0.01	0.06	Abierta
126	0.03	0.00	0.00	Abierta
127	0.49	0.04	0.64	Abierta
128	0.47	0.04	0.62	Abierta
129	0.44	0.04	0.56	Abierta
130	0.41	0.04	0.56	Abierta
131	0.38	0.03	0.43	Abierta
132	0.35	0.03	0.50	Abierta
133	0.32	0.03	0.37	Abierta
134	0.29	0.03	0.37	Abierta
135	0.26	0.02	0.37	Abierta
136	0.23	0.02	0.31	Abierta
137	0.20	0.02	0.25	Abierta
138	0.17	0.02	0.25	Abierta
139	0.15	0.01	0.19	Abierta
140	0.12	0.01	0.12	Abierta
141	0.09	0.01	0.12	Abierta

142	0.06	0.01	0.06	Abierta
143	0.03	0.00	0.06	Abierta
144	0.49	0.04	0.64	Abierta
145	0.47	0.04	0.62	Abierta
146	0.44	0.04	0.56	Abierta
148	0.35	0.03	0.43	Abierta
149	0.32	0.03	0.43	Abierta
150	0.29	0.03	0.37	Abierta
151	0.26	0.02	0.37	Abierta
152	0.23	0.02	0.25	Abierta
153	0.20	0.02	0.31	Abierta
154	0.17	0.02	0.19	Abierta
155	0.15	0.01	0.19	Abierta
156	0.12	0.01	0.19	Abierta
157	0.09	0.01	0.06	Abierta
158	0.06	0.01	0.12	Abierta
159	0.03	0.00	0.00	Abierta
160	0.49	0.04	0.64	Abierta
161	0.47	0.04	0.62	Abierta
162	0.44	0.04	0.56	Abierta
163	0.41	0.04	0.50	Abierta
164	0.38	0.03	0.50	Abierta
166	0.29	0.03	0.37	Abierta
167	0.26	0.02	0.37	Abierta
168	0.23	0.02	0.31	Abierta
172	0.09	0.01	0.12	Abierta
173	0.06	0.01	0.06	Abierta
175	0.49	0.04	0.64	Abierta
176	0.47	0.04	0.56	Abierta
177	0.44	0.04	0.62	Abierta
178	0.41	0.04	0.50	Abierta
180	0.32	0.03	0.43	Abierta
181	0.29	0.03	0.37	Abierta
182	0.26	0.02	0.31	Abierta
184	0.17	0.02	0.25	Abierta
185	0.15	0.01	0.19	Abierta
186	0.12	0.01	0.12	Abierta
187	0.09	0.01	0.12	Abierta
188	0.06	0.01	0.12	Abierta
190	0.49	0.04	0.64	Abierta
191	0.47	0.04	0.62	Abierta
192	0.44	0.04	0.56	Abierta
193	0.41	0.04	0.50	Abierta
194	0.38	0.03	0.50	Abierta
195	0.35	0.03	0.50	Abierta
196	0.32	0.03	0.37	Abierta
197	0.29	0.03	0.37	Abierta
198	0.26	0.02	0.37	Abierta
199	0.23	0.02	0.31	Abierta
200	0.20	0.02	0.25	Abierta
201	0.17	0.02	0.19	Abierta
202	0.15	0.01	0.25	Abierta
203	0.12	0.01	0.12	Abierta
204	0.09	0.01	0.12	Abierta
205	0.06	0.01	0.06	Abierta
207	0.49	0.04	0.64	Abierta
208	0.47	0.04	0.56	Abierta
210	0.38	0.03	0.50	Abierta
211	0.35	0.03	0.43	Abierta
212	0.32	0.03	0.43	Abierta
213	0.29	0.03	0.37	Abierta
214	0.26	0.02	0.31	Abierta
215	0.23	0.02	0.31	Abierta
216	0.20	0.02	0.25	Abierta
217	0.17	0.02	0.25	Abierta
218	0.15	0.01	0.19	Abierta
219	0.12	0.01	0.12	Abierta
220	0.09	0.01	0.12	Abierta
221	0.06	0.01	0.06	Abierta
222	0.03	0.00	0.06	Abierta
3	0.03	0.00	0.06	Abierta
174	0.03	0.00	0.00	Abierta
189	0.03	0.00	0.06	Abierta
2	0.99	0.07	0.84	Abierta
206	0.49	0.04	0.42	Abierta
223	0.26	0.02	0.31	Abierta
224	0.23	0.02	0.31	Abierta
225	0.26	0.02	0.31	Abierta
226	0.26	0.02	0.31	Abierta
227	0.23	0.02	0.31	Abierta
228	0.26	0.02	0.31	Abierta
229	0.23	0.02	0.31	Abierta
230	0.49	0.04	0.64	Abierta
231	0.47	0.04	0.62	Abierta
232	0.26	0.02	0.37	Abierta
233	0.23	0.02	0.25	Abierta
234	0.12	0.01	0.19	Abierta
235	0.09	0.01	0.12	Abierta

236	0.26	0.02	0.31	Abierta
237	0.23	0.02	0.31	Abierta
238	0.44	0.04	0.56	Abierta
239	0.41	0.04	0.56	Abierta
240	0.49	0.04	0.64	Abierta
241	0.47	0.04	0.62	Abierta
242	0.26	0.02	0.31	Abierta
243	0.23	0.02	0.31	Abierta
244	0.20	0.02	0.31	Abierta
245	0.17	0.02	0.19	Abierta
246	0.09	0.01	0.06	Abierta
247	0.26	0.02	0.37	Abierta
248	0.23	0.02	0.31	Abierta
249	0.26	0.02	0.37	Abierta
250	0.23	0.02	0.31	Abierta
251	0.26	0.02	0.37	Abierta
252	0.23	0.02	0.31	Abierta
253	0.06	0.01	0.06	Abierta
254	0.03	0.00	0.06	Abierta
255	0.26	0.02	0.31	Abierta
256	0.23	0.02	0.31	Abierta
257	0.26	0.02	0.37	Abierta
258	0.23	0.02	0.31	Abierta
259	0.06	0.01	0.06	Abierta
260	0.03	0.00	0.06	Abierta
261	0.26	0.02	0.37	Abierta
262	0.23	0.02	0.31	Abierta
263	0.29	0.03	0.37	Abierta
264	0.26	0.02	0.31	Abierta
265	0.23	0.02	0.31	Abierta
266	0.26	0.02	0.31	Abierta
267	0.23	0.02	0.31	Abierta
268	0.26	0.02	0.37	Abierta
269	0.23	0.02	0.31	Abierta
270	0.26	0.02	0.37	Abierta
271	0.23	0.02	0.31	Abierta
272	0.26	0.02	0.31	Abierta
273	0.23	0.02	0.31	Abierta
274	0.26	0.02	0.37	Abierta
275	0.23	0.02	0.25	Abierta
277	0.15	0.01	0.19	Abierta
278	0.12	0.01	0.19	Abierta
279	0.26	0.02	0.37	Abierta
280	0.23	0.02	0.31	Abierta
281	0.26	0.02	0.31	Abierta
282	0.23	0.02	0.31	Abierta
283	0.38	0.03	0.50	Abierta
284	0.35	0.03	0.43	Abierta
285	0.23	0.02	0.31	Abierta
286	0.20	0.02	0.25	Abierta
287	0.26	0.02	0.31	Abierta
288	0.23	0.02	0.31	Abierta
289	0.26	0.02	0.37	Abierta
290	0.23	0.02	0.31	Abierta
291	0.26	0.02	0.37	Abierta
292	0.23	0.02	0.31	Abierta
293	0.26	0.02	0.31	Abierta
294	0.23	0.02	0.31	Abierta
295	0.26	0.02	0.31	Abierta
296	0.23	0.02	0.31	Abierta
297	0.38	0.03	0.50	Abierta
298	0.35	0.03	0.43	Abierta
299	0.49	0.04	0.62	Abierta
300	0.29	0.03	0.37	Abierta
301	0.26	0.02	0.31	Abierta
302	0.41	0.04	0.50	Abierta
303	0.38	0.03	0.50	Abierta
304	0.29	0.03	0.37	Abierta
305	0.26	0.02	0.37	Abierta
306	0.35	0.03	0.50	Abierta
307	0.32	0.03	0.37	Abierta
308	0.20	0.02	0.25	Abierta
309	0.17	0.02	0.19	Abierta
310	0.49	0.04	0.64	Abierta
312	-5.94	0.26	5.75	Abierta
313	5.94	0.44	19.39	Abierta
314	4.45	0.33	11.85	Abierta
315	2.97	0.22	5.66	Abierta
316	1.48	0.11	1.26	Abierta
317	5.94	0.44	19.35	Abierta
318	4.45	0.33	11.86	Abierta
319	2.97	0.22	5.65	Abierta
320	1.48	0.11	1.26	Abierta
321	1.48	0.11	1.26	Abierta
322	2.97	0.22	5.65	Abierta
323	4.45	0.33	11.86	Abierta
324	11.87	0.52	18.92	Abierta
325	17.81	0.78	38.31	Abierta

326	0.03	0.00	0.06	Abierta
327	5.94	0.44	19.35	Abierta



ANEXO 33

PRUEBAS DE UNIFORMIDAD DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Emisores	Laterales (descarga en ml.)			
	Inicio	1/3	2/3	Final
Inicio	29	29	28	28
1/3	28	28	28	28
2/3	27	27	27	27
Final	26	26	26	27

Emisores	Laterales (presión en mca)			
	Inicio	1/3	2/3	Final
Inicio	20.0	19.0	19.5	19.5
1/3	19.0	19.5	19.0	19.5
2/3	18.0	19.0	19.0	19.0
Final	18.0	18.0	18.0	18.0

Tiempo (minutos)	1		
H (emisor)	10	q (emisor)	1.75
K(emisor)	0.58		
X (emisor)	0.479		

Laterales	Caudal de los emisores (L/Hora)			
	Inicio	1/3	2/3	Final
Inicio	1.74	1.74	1.68	1.68
1/3	1.68	1.68	1.68	1.68
2/3	1.62	1.62	1.62	1.62
Filal	1.56	1.56	1.56	1.62

Laterales	Presión de los emisores (mca)			
	Inicio	1/3	2/3	Final
Inicio	20.00	19.00	19.50	19.50
1/3	19.00	19.50	19.00	19.50
2/3	18.00	19.00	19.00	19.00
Filal	18.00	18.00	18.00	18.00

www.elregante.com

	4 valores más bajos			
Caudal	1.56	1.56	1.56	1.62
	2 valores más altos		1.74	1.74
Presión	18.00	18.00	18.00	18.00

qm	1.65	qmb	1.58	CU	95.67
pm	18.88	pmb	18.00	CUP	95.36
CUa	95.14			CVe	

Diagnostico de la sub-unidad de riego.	
Diferencia entre presión según caudal y presi	-10.0 mca

ANEXO 34 ANALISIS ESTADISTICO

DETERMINAR EL EFECTO DE LAS LÁMINAS DE RIEGO SOBRE EL DESARROLLO DEL CULTIVO

Número de hojas de la planta a los siete días.

Cuadro 1. Análisis de varianza para el número de hojas a los siete días. Garza Real, 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%	FT 1%
Replica	2	0.292	0.146	1.0000	5.14	10.9
Laminas de riego	3	0.500	0.167	1.143	4.76	9.78
Error	6	0.875	0.146			
TOTAL	11	1.667				

Coeficiente de variación: 16.37%

Cuadro 2. Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de significación para el número de hojas a los siete días. Garza Real, 2013.

Nº Trat.	Descripción	Código	Nº de hojas a los 7 días	Superíndices
1	125% de la ETc	T3	2.667	A
2	150% de la ETc	T4	2.333	B
3	100% de la ETc	T2	2.167	C
4	75% de la ETc	T1	2.167	D

Número de hojas de la planta a los veinte días.

Cuadro 3. Análisis de varianza para el número de hojas a los veinte días. Garza Real, 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%	FT 1%
Replica	2	0,125	0,063	0,5294	5,14	10,9
Laminas de riego	3	0,667	0,222	1,88	4,76	9,78
Error	6	0,708	0,118			
TOTAL	11	1,500				

Coeficiente de variación: 4.58%

Cuadro 4. Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de significación para el número de hojas a los veinte días, Garza Real, 2013.

Nº Trat.	Descripción	Código	Nº de hojas a los 20 días	Superíndices
1	150% de la ETc	T4	7,833	A
2	100% de la ETc	T2	7,500	B
3	75% de la ETc	T1	7,500	C
4	125% de la ETc	T3	2,167	D

<u>Número de hojas de la planta a los veinte y nueve días.</u>

Cuadro 5. Análisis de varianza para el número de hojas a los veinte y nueve días, Garza Real, 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%	FT 1%
Replica	2	0,79	0,396	1,0000	5,14	10,9
Laminas de riego	3	8,25	2,750	6947*	4,76	9,78
Error	6	2,37	0,396			
TOTAL	11	11,412				

Coeficiente de variación: 5.51%

* Diferencia significativa

Cuadro 6. Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de significación para el número de hojas a los veinte y nueve días. Garza Real, 2013.

Nº Trat.	Descripción	Código	Nº de hojas a los 29 días	Superíndices
1	100% de la ETc	T2	12,667	BC
2	125% de la ETc	T3	11,333	AB
3	75% de la ETc	T1	11,333	C
4	150% de la ETc	T4	10,333	A

<u>Altura de la planta a los siete días.</u>

Cuadro 7. Análisis de varianza para la altura de la planta a los siete días. Garza Real, 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%	FT 1%
Replica	2	0,042	0,021	0,1111	5,14	10,9
Laminas de riego	3	2,50	0,833	4,444	4,76	9,78
Error	6	1,12	0,188			
TOTAL	11	3,662				

Coeficiente de variación: 9.28%

Cuadro 8. Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de significación para la altura de la planta a los siete días. Garza Real, 2013.

Nº Trat.	Descripción	Código	Altura planta a los 7 días	Superíndices
1	150% de la ETc	T4	5,333	A
2	125% de la ETc	T3	4,833	B
3	100% de la ETc	T2	4,333	C
4	75% de la ETc	T1	4,167	D

Altura de la planta a los treinta días.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la altura de la planta a los treinta días. Garza Real, 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%	FT 1%
Replica	2	36,500	18,250	0,5260	5,14	10,9
Laminas de riego	3	51,33	17,110	0,4932	4,76	9,78
Error	6	208,16	34,690			
TOTAL	11	295,99				

Coeficiente de variación: 9.82%

Cuadro 10. Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de significación para la altura de la planta a los treinta días. Garza Real, 2013.

Nº Trat.	Descripción	Código	Altura planta a los 30 días	Superíndices
1	150% de la ETc	T4	62,333	A
2	100% de la ETc	T2	61,667	A
3	125% de la ETc	T3	58,667	A
4	75% de la ETc	T1	57,333	A

Altura de la planta a los setenta y nueve días.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la altura de la planta a los setenta y nueve días. Garza Real, 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%	FT 1%
Replica	2	513,160	256,580	0,7968	5,14	10,9
Laminas de riego	3	259,33	86,440	0,2684	4,76	9,78
Error	6	1 932,16	322,020			
TOTAL	11	2 704,65				

Coeficiente de variación: 7.92%

Cuadro 12. Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de significación para la altura de la planta a los setenta y nueve días. Garza Real, 2013.

Nº Trat.	Descripción	Código	Altura planta a los 79 días	Superíndices
1	100% de la ETc	T2	234,33	A
2	75% de la ETc	T1	226,00	A
3	125% de la ETc	T3	224,33	A
4	150% de la ETc	T4	222,00	A

Diámetro del cuello a los siete días.

Cuadro 13. Análisis de varianza para el diámetro del cuello a los siete días. Garza Real, 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%	FT 1%
Replica	2	0,003	0,001	0,6573	5,14	10,9
Laminas de riego	3	0,002	0,001	0,3638	4,76	9,78
Error	6	0,012	0,002			
TOTAL	11	0,017				

Coeficiente de variación: 19.99%

Cuadro 14. Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de significación para el diámetro del cuello a los siete días. Garza Real, 2013.

Nº Trat.	Descripción	Código	Diámetro a los 7 días	Superíndices
1	150% de la ETc	T4	0,237	A
2	125% de la ETc	T3	0,233	B
3	75% de la ETc	T1	0,217	C
4	100% de la ETc	T2	0,203	D

Diámetro del cuello a los treinta días.

Cuadro 15. Análisis de varianza para el diámetro del cuello a los treinta días. Garza Real, 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%	FT 1%
Replica	2	0,293	0,146	2,48	5,14	10,9
Laminas de riego	3	0,156	0,052	0,88	4,76	9,78
Error	6	0,354	0,059			
TOTAL	11	0,803				

Coeficiente de variación: 10.35%

Cuadro 16. Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de significación para el diámetro del cuello a los treinta días. Garza Real, 2013.

Nº Trat.	Descripción	Código	Diámetro a los 30 días	Superíndices
1	100% de la ETc	T2	2,48	A
2	125% de la ETc	T3	2,36	B
3	75% de la ETc	T1	2,36	C
4	150% de la ETc	T4	2,16	D

Diámetro del cuello a los setenta y un días.

Cuadro 17. Análisis de varianza para el diámetro del cuello a los setenta y un días. Garza Real, 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%	FT 1%
Replica	2	0.082	0.041	0.583	5.14	10.9
Laminas de riego	3	0.147	0.049	0.702	4.76	9.78
Error	6	0.420	0.070			
TOTAL	11	0.649				

Coeficiente de variación: 9.42%

Cuadro 18. Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de significación para el diámetro del cuello a los setenta y un días. Garza Real, 2013.

Nº Trat.	Descripción	Código	Diámetro a los 71 días	Superíndices
1	100% de la ETc	T2	2,92	A
2	125% de la ETc	T3	2,92	B
3	75% de la ETc	T1	2,73	C
4	150% de la ETc	T4	2,67	D

Profundidad radicular a los treinta días

Cuadro 19. Análisis de varianza para la profundidad radicular a los treinta días. Garza Real, 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%	FT 1%
Replica	2	123,790	61,890	5,47*	5,14	10,9
Laminas de riego	3	145,750	48,580	4,290	4,76	9,78
Error	6	67,880	11,310			
TOTAL	11	337,42				

Coeficiente de variación: 12.73%

* Diferencia significativa

Cuadro 20. Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de significación para la profundidad radicular a los treinta días. Garza Real, 2013.

Nº Trat.	Descripción	Código	Profundidad radicular a los 30 días	Superíndices
1	150% de la ETc	T4	31,17	A
2	125% de la ETc	T3	28,33	A
3	100% de la ETc	T2	23,33	A
4	75% de la ETc	T1	22,83	A

Profundidad radicular a los sesenta días.

Cuadro 21. Análisis de varianza para la profundidad radicular a los sesenta días. Garza Real, 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%	FT 1%
Replica	2	50,170	25,080	0,842	5,14	10,9
Laminas de riego	3	322,420	107,470	3,600	4,76	9,78
Error	6	178,830	29,810			
TOTAL	11	551,42				

Coeficiente de variación: 11.72%

Cuadro 22. Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de significación para el diámetro del cuello a los sesenta días. Garza Real, 2013.

Nº Trat.	Descripción	Código	Profundidad radicular a los 60 días	Superíndices
1	150% de la ETc	T4	54,83	A
2	75% de la ETc	T1	47,00	A
3	100% de la ETc	T2	43,00	A
4	125% de la ETc	T3	41,00	A

Profundidad radicular a los noventa días.

Cuadro 23. Análisis de varianza para la profundidad radicular a los noventa días. Garza Real, 2013.

FV	GL	SC	CM	FC	FT 5%	FT 1%
Replica	2	1,79	0,896	0,040	5,14	10,9
Laminas de riego	3	230,330	76,770	3,420	4,76	9,78
Error	6	134,540	22,420			
TOTAL	11	366,66				

Coeficiente de variación: 8.56%

Cuadro 24. Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de significación para el diámetro del cuello a los noventa días. Garza Real, 2013.

Nº Trat.	Descripción	Código	Profundidad radicular a los 90 días	Superíndices
1	150% de la ETc	T4	59,50	A
2	125% de la ETc	T3	58,17	A
3	100% de la ETc	T2	55,50	A
4	75% de la ETc	T1	48,17	A

ANEXO 35

PRUEBA Z PARA EL ANALISIS DE LAS LECTURAS DEL TANQUE EVAPORIMETRO CLASE “A” Y EL TANQUE ARTESANAL

PRUEBA Z PARA LA ETAPA FINAL DEL CULTIVO

DATOS

α	0.05
x1	11
x2	9
n1	23
n2	23
p	0.43
α/2	0.025
Ztabla	- 1.96
	1.96
Zprueba	**0.59**

$$H_0: p_1 = p_2$$

Las hipótesis alternativas posibles son

$$H_1: p_1 \neq p_2 \quad H_1: p_1 > p_2 \quad H_1: p_1 < p_2$$

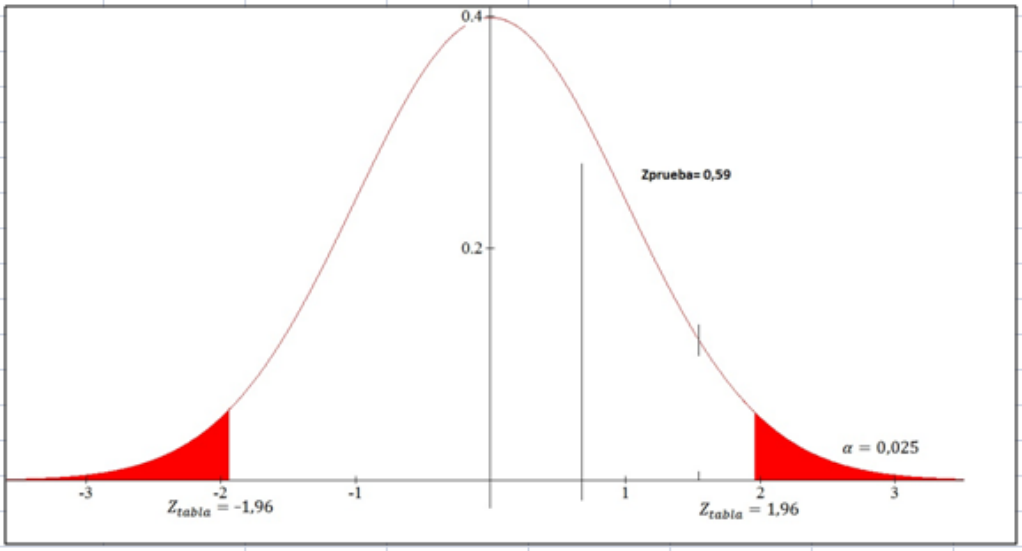
La estimación combinada de p se puede calcular de la siguiente manera:

$$p = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2}$$

Donde:
p = proporción muestral
x_1 = número de aciertos en la muestra 1
x_2 = número de aciertos en la muestra 2
n_1 = número de observaciones de la muestra 1
n_2 = número de observaciones de la muestra 2

Este valor de p se utiliza para calcular el valor estadístico de prueba

$$z_{prueba} = \frac{\frac{x_1}{n_1} - \frac{x_2}{n_2}}{\sqrt{p(1-p)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$



CONCLUSION:

Ho es aceptada, ya que Zprueba= 0,59 y esta en la zona de aceptacion, Z tabla= +- 1,96. entonces los valores de evaporacion del tanque evaporimetro "clase A" y los del tanque artesanal son semejantes.

PRUEBA Z PARA LA ETAPA DE DESARROLLO DEL CULTIVO

DATOS

α	
x1	
x2	
n1	
n2	

p		0.57
α/2		
Ztabla	-	1.96
		1.96
Zprueba		**1.11**

$$H_0: p_1 = p_2$$

Las hipótesis alternativas posibles son

$$H_1: p_1 \neq p_2 \quad H_1: p_1 > p_2 \quad H_1: p_1 < p_2$$

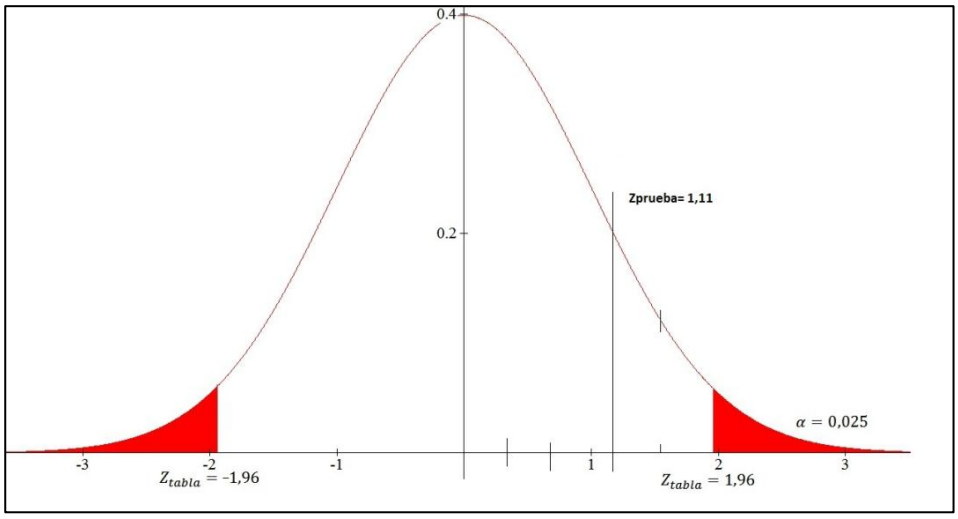
La estimación combinada de p se puede calcular de la siguiente manera:

$$p = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2}$$

Donde:
p = proporción muestral
x_1 = número de aciertos en la muestra 1
x_2 = número de aciertos en la muestra 2
n_1 = número de observaciones de la muestra 1
n_2 = número de observaciones de la muestra 2

Este valor de p se utiliza para calcular el valor estadístico de prueba

$$z_{prueba} = \frac{\frac{x_1}{n_1} - \frac{x_2}{n_2}}{\sqrt{p(1-p)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$



CONCLUSION:

Ho es aceptada, ya que Zprueba= 1,1 y está en la zona de aceptación, Z tabla= +- 1,96. entonces los valores de evaporación del tanque evaporímetro "clase A" y los del tanque Artesanal son semejantes.

PRUEBA Z PARA LA ETAPA DE MEDIADOS DEL CULTIVO

DATOS

α	0.05
x1	10
x2	8
n1	30
n2	30
p	0.30
α/2	0.025
Ztabla -	1.96
	1.96
Zprueba	**0.56**

$$H_0: p_1 = p_2$$

Las hipótesis alternativas posibles son

$$H_1: p_1 \neq p_2 \quad H_1: p_1 > p_2 \quad H_1: p_1 < p_2$$

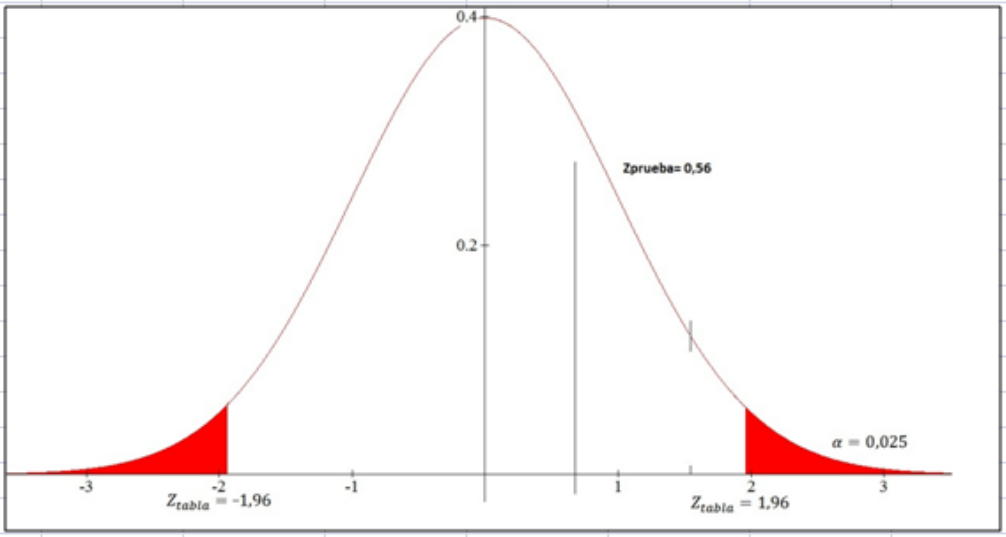
La estimación combinada de p se puede calcular de la siguiente manera:

$$p = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2}$$

Donde:
p = proporción muestral
x_1 = número de aciertos en la muestra 1
x_2 = número de aciertos en la muestra 2
n_1 = número de observaciones de la muestra 1
n_2 = número de observaciones de la muestra 2

Este valor de p se utiliza para calcular el valor estadístico de prueba

$$z_{prueba} = \frac{\frac{x_1}{n_1} - \frac{x_2}{n_2}}{\sqrt{p(1-p)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$



CONCLUSION:

Ho es aceptada, ya que Zprueba= 0,56 y esta en la zona de aceptacion, Z tabla= +- 1,96. entonces los valores de evaporacion del tanque evaporimetro "clase A" y los del tanque artesanal son semejantes.

PRUEBA Z PARA LA ETAPA FINAL DEL CULTIVO

DATOS

α	0.05
x1	11
x2	9
n1	23
n2	23
p	0.43
α/2	0.025
Ztabla	- 1.96
	1.96
Zprueba	**0.59**

$$H_0: p_1 = p_2$$

Las hipótesis alternativas posibles son

$$H_1: p_1 \neq p_2 \quad H_1: p_1 > p_2 \quad H_1: p_1 < p_2$$

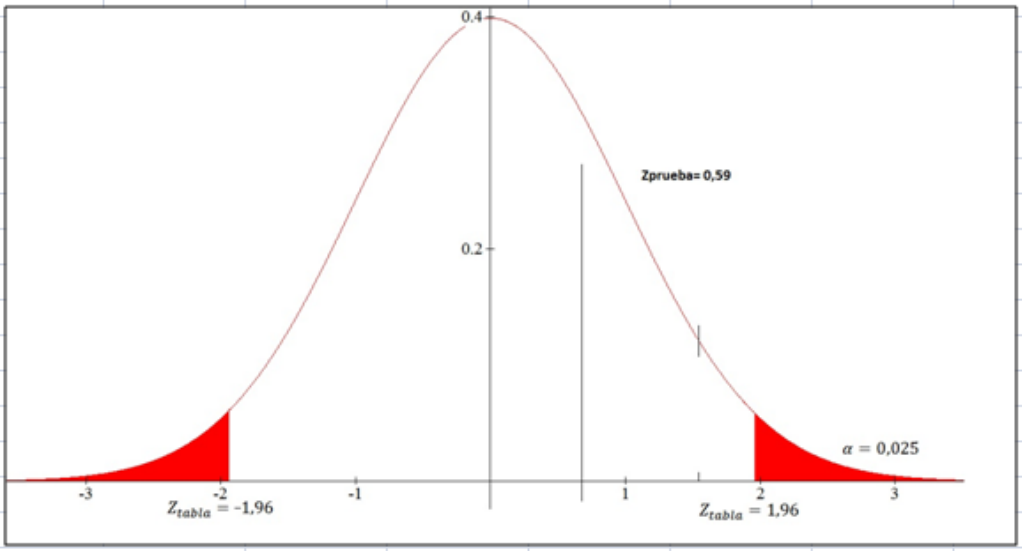
La estimación combinada de p se puede calcular de la siguiente manera:

$$p = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2}$$

Donde:
p = proporción muestral
x_1 = número de aciertos en la muestra 1
x_2 = número de aciertos en la muestra 2
n_1 = número de observaciones de la muestra 1
n_2 = número de observaciones de la muestra 2

Este valor de p se utiliza para calcular el valor estadístico de prueba

$$z_{prueba} = \frac{\frac{x_1}{n_1} - \frac{x_2}{n_2}}{\sqrt{p(1-p)\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$



CONCLUSION:

Ho es aceptada, ya que Zprueba= 0,59 y esta en la zona de aceptacion, Z tabla= +- 1,96. entonces los valores de evaporacion del tanque evaporimetro "clase A" y los del tanque artesanal son semejantes.